

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

Kvalita a bezpečnost radiodiagnostické techniky
Quality and Safety Radiodiagnostic Engineering

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Karin Barancová**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika
Téma: **Kvalita a bezpečnost radiodiagnostické techniky**
Quality and Safety Radiodiagnostic Engineering

Zásady pro vypracování:

1. Základy fyziky ionizujícího záření.
2. Radiodiagnostická zařízení.
3. Radiační ochrana na radiodiagnostických pracovištích.
4. Zkoušky provozní stálosti - skiagrafická a skiaskopická pracoviště.
5. Sw program k zajištění kontinuálního sledování hodnot technických parametrů.
6. Ověření a zhodnocení vytvořeného Sw programu v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Rosina, J., Kolářová, H., Staněk, J. Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů. 1.vyd. Praha:Grada-Avicenum, 2006. 232s. ISBN 80-247-1383-7.
- [2] Franek, M. Radiodiagnostické přístroje. Studijní texty pro obor BMT, ZSF OU, Ostrava 2008.
- [3] Dorotík, J. Radioterapeutické přístroje. Studijní texty, ZSF OU, Ostrava 2006.
- [4] Kolektiv autorů. Principy a praxe radiační ochrany. Grada-Avicenum, Praha 2000, ISBN 80-238-3703-6.
- [5] Ullmann, V. Biologické účinky ionizujícího záření. Radiační ochrana [online]. <<http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm> >
- [6] Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Radiační ochrana. Doporučení [online]. <http://www.sujb.cz/docs/27ZPS_skiagrafie_skiaskopie.pdf>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Petr Tiefenbach**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010

doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně.
Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.*

.....
Karin Barancová

Datum odevzdání diplomové práce : 7.5.2010

Poděkování

Chtěla bych touto cestou poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Mgr. Petru Tiefenbachovi za cenné rady, konzultace a připomínky spojené s vypracováním mého úkolu.

Zároveň bych ráda poděkovala paní MUDr. Olze Bezděkové za pomoc v problematice radiační ochrany a také cenné rady a konzultace, které tuto práci velmi obohatily.

Dále bych ráda velmi poděkovala panu Rudolfu Mohelníkovi za ukázky testování a konzultace spojené s vypracováním mého úkolu.

Mé poděkování také patří panu Bc. Lukáši Zaorálkovi za cenné rady, konzultace a připomínky v oblasti programování a tvorby databáze, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout.

Další poděkování bych ráda věnovala všem, kteří mi byli ochotni vysvětlit problematiku programování.

Abstrakt

Tématem mé diplomové práce je kvalita a bezpečnost radiodiagnostické techniky na radiodiagnostických pracovištích II. a I. kategorie ve FN Ostrava. Rentgenové diagnostické soupravy se testují periodickým prováděním zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti. Nedílnou součástí je také testování vyvolávacího procesu a zobrazovacích systémů. Ověřování provozních parametrů jednotlivých zobrazovacích systémů se provádí za účelem zajištění kvalitního zobrazení rentgenového snímku, jelikož kvalita těchto systémů ovlivňuje přesnost diagnózy. Cílem prováděných zkoušek je minimalizace nežádoucího ozáření personálu a optimálního lékařského ozáření pacientů, tak aby byla zajištěna minimální radiační zátěž k vytvoření kvalitního rentgenového snímku a jeho zobrazení na negatoskopech. Proto je důležitý program, který umožní automatické zjištění změn hodnot parametrů pro vybrané zkoušky provozní stálosti a kontinuálně sleduje hodnoty technických parametrů.

Klíčová slova

Radiodiagnostické zařízení, ionizující záření, radiační zátěž, zkoušky provozní stálosti

Abstract

The theme of my thesis is the quality and safety of radiodiagnostical engineering of the radiodiagnostic workplaces category I. and II. at the University hospital in Ostrava. X-ray diagnostic kits are tested periodically for the testing of long-term stability and operational stability tests. It is also an integral part of the developing process of testing and visual systems. Verification of operational parameters of imaging systems is carried out to ensure quality imaging of X-ray image. Since the quality of these systems affects the accuracy of the diagnosis. The aim of the tests is performed to minimize unwanted exposure of personnel and optimal medical exposure of patients to ensure a minimum dose of radiation to create high-quality X-ray film and his views on negatoscopes. The results of individual testing constancy is necessary to show the charts that facilitate recognition of individual variation of parameters, and any deviation from normal operation will not be overlooked. It is therefore important program that will automatically detect changes in parameter values for selected tests of stability, and continuously monitor displays the values of technical parameters.

Keywords

Radiodiagnostic devices, ionizing radiation, radiation dose, tests of constancy

Seznam použitých symbolů a zkratek

AEC	Expoziční automatika – systémy a zařízení zabraňující přetížení rentgenky, u skiografie je to měřící komůrka tvořená plochým vzduchovým kondenzátorem nebo polovodičovými detektory
AERC	Automatické řízení dávkového příkonu – provozní režim, v němž je automaticky řízen jeden nebo více zatěžovacích faktorů
As	Ampérsekunda – jednotka elektrického množství Q
AZ	Atomový zákon – zákon č.18/1997 ve znění pozdějších právních předpisů
Bq	Becquerel – jednotka definovaná jako aktivita radioaktivní látky při níž dojde k jednomu rozpadu atomového jádra za sekundu
C	Coulomb – odvozená jednotka SI veličiny elektrický náboj, coulomb je definován jako elektrický náboj přenesený proudem 1 ampéru za 1 sekundu
CCD	Charge-Coupled Device – zařízení s vázanými náboji, elektronická součástka používaná pro snímání obrazové informace
CP 1	Centrální příjem FNO, pracoviště 1
CP 2	Centrální příjem FNO, pracoviště 2
CT	Computed tomography – počítačová tomografie
DK	Diagnostický komplement
DO	Dohlížející osoba
DP	Detašovaná pracoviště
DSA	Digitální substrakční angiografie
EA	Expoziční automatika
FN	Fakultní nemocnice
FNO	Fakultní nemocnice Ostrava
Gy	Gray – jednotka absorbované dávky záření v soustavě SI, jeden gray odpovídá energii záření jednoho joule absorbované jedním kilogramem látky
IEC	International Electrotechnical Commission – Mezinárodní elektrotechnická komise
OD	Optická denzita – je míra pro hodnotu zčernání fotografické vrstvy
OLRFH	Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny práce
ONK	Klinika onkologická
OPO	Osoby s přímou odpovědností pro lékařské ozáření
PKSHP	Program kontinuálního sledování hodnot parametrů
PMMA	Polymethylmetakrylát – plexisklo
PZ	Přejímací zkouška
PZJ	Program zabezpečení jakosti
RDG	Radiodiagnostický ústav
RDGÚ	Ústav radiodiagnostický
SOP	Standartní operační postupy
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Sv	Sievert – jednotka dávkového ekvivalentu, ekvivalentní dávky a efektivní dávky ionizujícího záření
TRN	Klinika tuberkulózy a respiračních nemocí
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – Vědecký výbor Spojených států pro účinky atomového záření

VZPS	Výchozí zkouška provozní stálosti
ZDS	Zkoušky dlouhodobé stability
ZIZ	Zdroj ionizujícího záření
ZK	Zkouška
ZPS	Zkoušky provozní stálosti
eV	Elektronvolt – jednotka energie, která odpovídá kinetické energii, kterou získá jeden elektron urychlený napětím jednoho voltu
lx	Lux – je jednotkou pro osvětlení; je to osvětlení plochy, na jejíž každý metr čtvereční dopadá rovnoměrně rozložený světelný tok 1 lumenu

Obsah

ÚVOD	1
1 RADIAČNÍ OCHRANA NA RADIODIAGNOSTICKÝCH PRACOVÍŠTÍCH.....	2
1.1 LEGISLATIVA V RADIAČNÍ OCHRANĚ	3
1.2 PROCES ŘÍZENÍ RADIAČNÍ OCHRANY VE FNO	4
2 ZÁKLADY FYZIKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	6
2.1 DRUHY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ	6
2.2 VYBRANÉ VELIČINY UŽÍVANÉ V RADIAČNÍ OCHRANĚ	6
2.3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ	7
2.3.1 Stochastické účinky.....	8
2.3.2 Deterministické účinky.....	9
2.4 ROZDĚLENÍ ZDROJŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	10
2.5 ZÁKLADNÍ POVINNOSTI DRŽITELŮ POVOLENÍ K NAKLÁDÁNÍ SE ZDROJI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.	10
2.5.1 Kategorizace radiačních pracovníků	11
2.5.2 Kategorizace pracovišť	11
2.6 ZÁKLADNÍ PODMÍNKY BEZPEČNÉHO PROVOZU NA PRACOVÍŠTÍCH	12
3 ZOBRAZOVACÍ PROCES SKIAGRAFIE A SKIASKOPIE	13
3.1.1 Skiografie	13
3.1.2 Negatoskop – „prohlížečka” rentgenových filmů	14
3.2 SKIASKOPIE	15
3.2.1 Rentgenový obrazový zesilovač.....	15
3.3 EXPOZIČNÍ AUTOMATIKA.....	16
3.4 DIGITALIZACE	18
4 OBECNÉ ZÁSADY RADIAČNÍ OCHRANY PŘI SNÍMKOVÁNÍ.....	19
4.1 OCHRANA PACIENTŮ A PERSONÁLU NA RADIODIAGNOSTICKÉM PRACOVÍŠTI.....	20
4.1.1 Ochrana personálu ve vyšetřovací místnosti	20
4.1.2 Ochrana pacientů.....	21
5 RADIODIAGNOSTICKÁ ZAŘÍZENÍ.....	23
5.1 POUŽÍVÁNÍ RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE	23
5.2 RENTGENOVÝ PŘÍSTROJ	23
5.3 RENTGENKA	26
5.4 NASTAVENÍ PARAMETRŮ RENTGENOVÝCH ZAŘÍZENÍ.....	28
6 ZKOUŠKY TECHNICKÝCH PARAMETRŮ RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE	32
6.1 TYPOVÉ ZKOUŠKY	32
6.2 ZKOUŠKA PŘEJÍMACÍ	32
6.3 ZKOUŠKA DLOUHODOBÉ STABILITY	34
6.4 ZKOUŠKA PROVOZNÍ STÁLOSTI.....	35
6.4.1 Vizualní a funkční zkoušky	35
6.4.2 Výchozí zkouška provozní stálosti.....	36
6.4.3 Následné zkoušky provozní stálosti.....	36
6.4.4 Referenční hodnoty	36
6.4.5 Četnost zkoušek provozní stálosti.....	36
6.4.6 Překročení tolerancí a nápravná opatření.....	37

6.5	ŘEŠENÍ NESHOD PŘI ZKOUŠKÁCH.....	38
6.6	TESTOVACÍ POMŮCKY A ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ ZPS	38
7	ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI VE FNO	42
7.1	DOPORUČENÉ PARAMETRY EXPOZICE A USPOŘÁDÁNÍ V ZOBRAZOVANÉM POLI	42
7.2	VYBRANÉ METODIKY PROGRAMU KONTINUÁLNÍHO SLEDOVÁNÍ HODNOT	42
7.3	VYBRANÉ TESTY PRO MODUL SKIAGRAFIE.....	43
7.3.1	<i>Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření.....</i>	<i>43</i>
	<i>Pomůcky:</i>	<i>44</i>
7.3.2	<i>Vstup záření do plochy receptoru obrazu</i>	<i>44</i>
7.3.3	<i>Souhlas radiačního pole se světelným polem.....</i>	<i>45</i>
7.3.4	<i>Souhlas radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu</i>	<i>47</i>
7.4	VYBRANÝ TEST PRO MODUL SKIASKOPIE	48
7.4.1	<i>Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření.....</i>	<i>48</i>
	<i>Pomůcky:</i>	<i>48</i>
8	PROGRAM KONTINUÁLNÍHO SLEDOVÁNÍ HODNOT PARAMETRŮ	50
8.1	PROSTŘEDÍ PROGRAMU	52
8.1.1	<i>Aplikační okno Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul.....</i>	<i>52</i>
8.1.2	<i>Aplikační okno Skiagraficko-skiaskopický modul</i>	<i>55</i>
8.1.3	<i>Aplikační okno Detail zkoušky</i>	<i>56</i>
8.1.4	<i>Databáze</i>	<i>65</i>
9	OVĚŘENÍ A ZHODNOCENÍ PKSHP – ZPS.....	67
	ZÁVĚR.....	70
	POUŽITÁ LITERATURA	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

Úvod

Má práce se zabývá činnostmi spojenými s používáním významných zdrojů ionizujícího záření na radiodiagnostických pracovištích II. a I. kategorie ve FN Ostrava. Jedná se o testování radiodiagnostické techniky při skiografii bez expoziční automatiky, s expoziční automatikou a skiaskopii.

Cílem mé práce je dodržení principu optimalizace při rentgenování, a to pomocí Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů při zkouškách provozní stálosti. Předpokladem k dodržení principu optimalizace je kvalitní přístrojová technika, jejíž technické parametry se ověřují zkouškami proto, aby byla zajištěna co nejmenší radiační zátěž u pacientů a obsluhy. Výsledky zkoušek a jejich zhodnocení umožní včasné zjištění změn a proto je důležité kontinuální sledování hodnot parametrů radiodiagnostické techniky tak, aby byly technické parametry v souladu s normami.

V první části uvádím nejprve souhrn informací o platné legislativě v oblasti radiační ochrany zahrnující i bezpečnost používaných zdrojů, dále se zabývám základy fyziky ionizujícího záření, zobrazovacími procesy a funkčními celky rentgenových přístrojů.

Ve druhé části se zabývám zkouškami provozní stálosti a jednotlivými testy použitými v Programu kontinuálního sledování hodnot, dále pak uvádím popis aplikace Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS.

1 Radiační ochrana na radiodiagnostických pracovištích

Pod pojmem radiační ochrana se rozumí ochrana zdraví lidí a životního prostředí, která se zajišťuje systémem technických a organizačních opatření vedoucích k omezení ozáření fyzických osob a k snížení rizika z ionizujícího záření na životní prostředí.

K zajištění radiační ochrany na pracovištích se ukázal jako nezbytný kontrolní systém, sestávající z vnitřní kontroly na pracovištích a super kontroly, kterou zajišťuje stát, v našich podmínkách prostřednictvím Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Tento systém musí zajistit držitel povolení. Předpokladem takového systému je především odborná kompetence všech pracovníků, nakládajících se zdroji ionizujícího záření, kteří musí mít odpovídající výcvik v technice používané při pracích se zdroji záření a potřebné znalosti o radiační ochraně. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany musí být vykonávány osobami, které získaly zvláštní odbornou způsobilost.

Principy ochrany před ionizujícím zářením jsou obecnými podmínkami pro vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie, činností vedoucích k ozáření a zásahů ke snížení ozáření.

Jedná se o tyto principy:

- Princip zdůvodnění
- Princip optimalizace
- Princip limitování
- Princip fyzické bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření

Princip zdůvodnění

Každý, kdo provádí činnosti k ozáření musí dbát na to, aby činnost byla odůvodněna přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají či mohou vznikat.

Princip optimalizace

Optimalizací radiační ochrany se rozumí postupy k dosažení a udržení takové úrovně radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek.

Princip limitování

Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen omezovat ozáření osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací nepřesáhlo v součtu stanovené limity.

Princip fyzické bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření

Zdroje ionizujícího záření musí být zabezpečeny tak, aby nad nimi nemohlo dojít za předvídatelných podmínek ke ztrátě kontroly.

Optimalizace radiodiagnostického vyšetření je komplexní proces, jehož cílem je získání co nejvyšší diagnostické informace při nejmenší dosažitelné dávce pacientovi (lékařské ozáření) a obsluhujícímu personálu (profesionální ozáření), tedy nejmenší možné radiační zátěži a tím snížení rizika z účinků ionizujícího záření na živou hmotu. Kvalita zobrazení a co nejmenší úroveň radiační zátěže (dávka, ekvivalentní dávka, efektivní dávka, příkony předchozích veličin, kolektivní efektivní dávka, zdravotní újma) při rentgenování se průběžně kontroluje pravidelnými zkouškami rentgenů.

Zkoušky zdravotnické přístrojové techniky se týkají ověření technických parametrů přístrojů, zda jsou ve shodě s parametry uvedenými v technických normách. Výsledky zkoušek a jejich zhodnocení umožní obsluze zdroje ionizujícího záření (rentgenů) včasné zjištění změn v jakosti zobrazení (snímek, obraz na monitoru) a velikosti radiační zátěže osob.

Program zabezpečování jakosti

Tento program je zpracován v rozsahu pro vydání povolení k výkonu činností dle zákona č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých platných předpisů (AZ) a k schválení dokumentace pro potřebu činností k nakládání jednotlivých zdrojů ionizujícího záření. Program pokrývá činnosti spojené s používáním rentgenových významných a jednoduchých zdrojů ionizujícího záření na jednotlivých radiodiagnostických pracovištích II. a I. kategorie FN Ostrava. Jedná se o diagnostická vyšetření pacientů ionizujícím zářením. K tomuto účelu slouží mobilní nebo stacionární rentgenová diagnostická zařízení, a to skiagrafická, skiaskopická, skiaskopicko-skiagrafická, počítačové tomografy, která jsou umístěna ve FN Ostrava na trvalých nebo přechodných rentgenových pracovištích.

Zajištění reprodukovatelnosti, přesnosti a optimalizace procesu lékařského ozařování nemocných je hlavním cílem v radiodiagnostice. Tím dochází ke zlepšení léčebných výsledků a zároveň k zajištění co nejnižších optimálních osobních dávek personálu, který nakládá s rentgeny. Prostředkem k dosažení vytyčeného cíle je vytvoření technických, organizačních metodických návodů, postupů a systémů kontrol, které budou použity při použití zdrojů ionizujícího záření (ZIZ), a to formou provádění zkoušek přejímacích (PZ), zkoušek dlouhodobé stability (ZDS) a zkoušek provozní stálosti (ZPS). Periodicky se opakující provádění zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti slouží k ověřování parametrů diagnostických přístrojů a jednotlivých kompatibilních systémů, včetně vyvolávacího procesu. Zjišťuje se, zda parametry vyhovují podmínkám, které jsou stanoveny prováděcími předpisy (AZ, vyhlášky a normy) a zda jsou tyto rentgeny bezpečné. Toto ověřování provozních parametrů u ZIZ, jednotlivých zobrazovacích systémů a vyvolávacího procesu (jednotlivé zkoušky: PZ, ZDS, ZPS, nezávislé kontroly) je nutnou podmínkou zajištění technické a bezpečnostní kvality přístrojů a minimalizace nežádoucího ozaření jak personálu, tak optimálního lékařského ozaření pacientů.

1.1 Legislativa v radiační ochraně

Dne 1.7.1997 vstoupil v platnost zákon č.18/1997 Sb., „Atomový zákon“ o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, který se zabývá činnostmi související s využíváním jaderné energie, používáním zdrojů ionizujícího záření a ochranou osob i životního prostředí před účinky ionizujícího záření. Dále pak upravuje povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozaření a ozaření v důsledku radiačních nehod, upravuje podmínky pro nakládání s radioaktivními odpady a určuje výkon státní správy a dozoru. Tento zákon byl v souvislosti se sjednocováním českých právních předpisů s předpisy Evropské unie naposledy novelizován zákonem č. 13/2002 Sb., v platném znění.

Atomový zákon ukládá v § 4 každému, kdo provádí činnosti vedoucí k ozaření, povinnost přednostně zajišťovat radiační ochranu zdraví osob a na pracovištích se ZIZ zavést systém zabezpečování jakosti. Každému držiteli povolení (ředitel) k nakládání (používání) se zdroji ionizujícího záření pak, kromě jiného ukládá podle § 18 odst. 1 písm. a) AZ sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat parametry a vlastnosti zdrojů (§ 70 až § 72 vyhlášky č.307/2002 Sb., v platném znění):

1. při převzetí ZIZ ještě před zahájením jeho používání v rozsahu vymezeném pro přijímací zkoušku,
2. v průběhu používání ZIZ v rozsahu vymezeném pro zkoušku dlouhodobé stability a pro zkoušky provozní stálosti.

Vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost jsou prováděcími předpisy k ustanovení atomového zákona.

Prováděcí vyhlášky Atomového zákona jsou:

- Vyhláška č. 146/1997 Sb., v platném znění, která stanovuje činnosti mající bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb., v platném znění.
- Vyhláška č. 132/2008 Sb., v platném znění, o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd.
- Vyhláška č. 307/2002 Sb., v platném znění, o radiační ochraně v platném znění se zabývá kontrolními a zkušebními procesy v oblasti radiační ochrany. Tato vyhláška je základní a nejdůležitější.
- Vyhláška č. 318/2002 Sb., v platném znění, o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.

Dle zákona 123/2000 Sb., v platném znění, o zdravotnických prostředcích se na pracovištích používají radiodiagnostické soupravy, které splňují požadavky na zdravotnické prostředky a zařazují se do třídy IIb. Ustanovení tohoto zákona nařizují u rentgenů provádět školení k používání zdravotnických prostředků a určují pravidla k provádění preventivních periodických prohlídek rentgenů, údržby a oprav. Technické parametry rentgenů jsou v pravidelných intervalech ověřovány a testovány v souladu s technickými normami.

Lékařské ozáření je právně upraveno zákonem č.18/1997 Sb., v platném znění.

Dokumentace na pracovišti

Držitel povolení je povinen zpracovat vnitřní provozní dokumentaci ke všem činnostem vedoucím k ozáření, jež podléhají povolení SÚJB v rozsahu uvedeném v atomovém zákoně a jeho přílohách (Program zajišťování jakosti, Program monitorování, Kontrolované pásmo, Vnitřní havarijní plán). Dále je povinen vést a uchovávat evidenci zdrojů ionizujícího záření a další záznamy důležité z hlediska radiační ochrany.

1.2 Proces řízení radiační ochrany ve FNO

Pro zajištění soustavného dohledu nad radiační ochranou na rentgenových pracovištích jmenuje statutární zástupce – ředitel, do funkce dohlízející osoby – vedoucího OLRFH. Dohlízející osoba metodicky přímo řídí osoby s přímou odpovědností. Soustavný dohled pracovišť I. a II. kategorie je zajištěn přítomností osob s přímou odpovědností a kontrolou dohlízející osoby. Osoby

s přímou odpovědností na RDGÚ a DP trvale dohlíží na to, aby všichni pracovníci při své práci plnili požadavky ochrany zdraví.

Dohlízející osoba zajišťuje kontrolu soustavného dohledu na všech pracovištích se ZIZ vyskytující se ve FNO. Osoby s přímou odpovědností a dohlízející osoba mají oprávnění k zvláštní odborné způsobilosti dané vymezené činnosti dle AZ a vyhlášky č.146/1997 Sb. ve znění vyhlášky č.315/2002 Sb. Na RDGÚ pracují jako osoby s přímou odpovědností lékaři RDGÚ a na DP pracují jako osoby s přímou odpovědností lékaři jednotlivých klinik, ústavů a oddělení FNO. Osoby s přímou odpovědností řídí a kontrolují v činnosti radiační ochrany další zdravotnické pracovníky. Především radiologické asistenty, kteří provádí lékařské ozáření a jsou za lékařské ozáření odpovědní.

[1], [4], [10], [11], [12], [16], [17], [18], [19], [20], [21]

2 Základy fyziky ionizujícího záření

2.1 Druhy ionizujícího záření

Ionizující záření je takový tok energie ve formě částic nebo elektromagnetického záření, které při průchodu látkou způsobuje ionizaci – z původně elektricky neutrálních atomů nebo molekul ozařované látky vytváří kladně nabitě ionty a volné elektrony, případně i záporně nabitě ionty.

Podle mechanismu ionizace látky rozlišujeme dva základní typy ionizujícího záření:

- **záření přímo ionizující** – je tvořeno elektricky nabitými částicemi (např. částice alfa, beta), které podél celé své dráhy v látce ionizují svým elektrickým nábojem (přímou elektrickou interakcí s elektrony) její atomy či molekuly
- **záření nepřímo ionizující** – jedná se o elektromagnetické – fotonové – záření (rentgenové nebo gama záření) nebo o neutrony (částice bez elektrického náboje), které ionizují látku nepřímo prostřednictvím sekundárně vzniklých elektricky nabitých částic; v případě fotonového záření jsou sekundárními částicemi elektrony, u neutronů pak protony.

Záření gama je elektromagnetické záření o velmi krátkých vlnových délkách a vysokých energiích. Energeticky je gama záření přibližně ve stejné oblasti jako rentgenové záření, ale liší se od něho svým původem. Gama záření má svůj původ v rozpadu jader, radioaktivitě. Gama záření lze s výhodou interpretovat také jako proud částic (kvant energie) – fotonů.

Rentgenové záření je elektromagnetické záření také o velmi krátkých vlnových délkách. Vzniká v elektronovém obalu atomů. A to buď při přeskoku elektronů mezi jeho energetickými hladinami (tzv. charakteristická složka), nebo zabrzděním jiných prolétávajících elektronů v něm (tzv. brzdná složka). Také rentgenové záření lze interpretovat jako proud fotonů.

2.2 Vybrané veličiny užívané v radiační ochraně

Aktivita A

$$A = \frac{dN}{dt}, \text{ kde}$$

dN je střední počet samovolných jaderných přeměn v určitém množství radioaktivní látky, k nimž dojde za časový interval dt .

Zjednodušeně lze říci, že aktivita radioaktivní látky je počet radioaktivních přeměn v této látce za jednotku času.

Jednotka aktivity

Bq (becquerel)

fyzikální rozměr je s^{-1}

Dávka D

$$D = \frac{\overline{d\varepsilon}}{dm},$$

kde $\overline{d\varepsilon}$ je střední energie předaná ionizujícím zářením elementu látky o hmotnosti dm .

Zjednodušeně lze říci, že dávka je energie ionizujícího záření absorbovaná v jednotce hmotnosti (v 1 kg) ozařované látky.

Jednotka dávky

Gy (gray)

(Gy = J.kg⁻¹)

Ekvivalentní dávka H_T

$$H_T = w_r \cdot D_T, \text{ kde}$$

D_T je střední dávka v orgánu nebo tkáni způsobená daným druhem záření,

w_r je radiační váhový faktor pro daný druh záření.

Jednotka ekvivalentní dávky

Sv (sievert)

Je-li orgán (nebo tkáň) ozářen směsí různých druhů ionizujícího záření, je výsledná ekvivalentní dávka pro tento orgán (tkáň) rovna součtu ekvivalentních dávek pro jednotlivé druhy záření.

Efektivní dávka E

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T, \text{ kde}$$

H_T je ekvivalentní dávka v dané tkáni (orgánu) T,

w_T je tkáňový váhový faktor v dané tkáni (orgánu) T.

Efektivní dávka je tedy součet ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech nebo tkáních, vynásobených příslušnými tkáňovými váhovými faktory.

Jednotka efektivní dávky

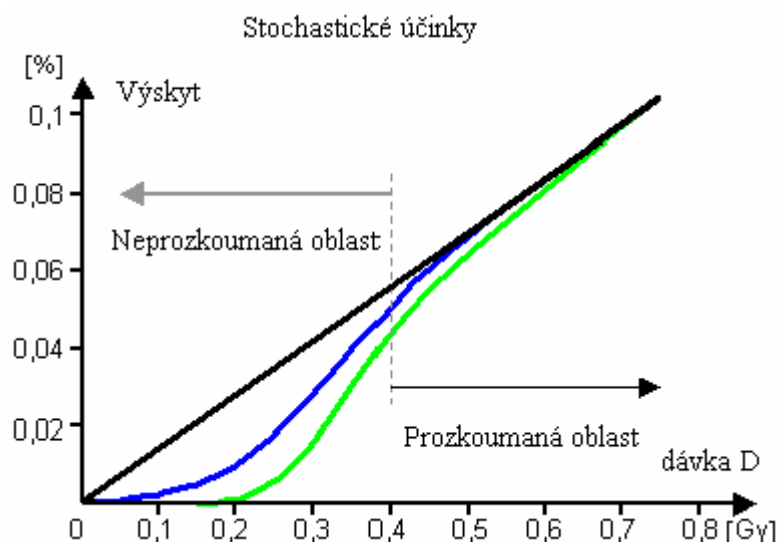
Sv (sievert)

2.3 Biologické účinky ionizujícího záření

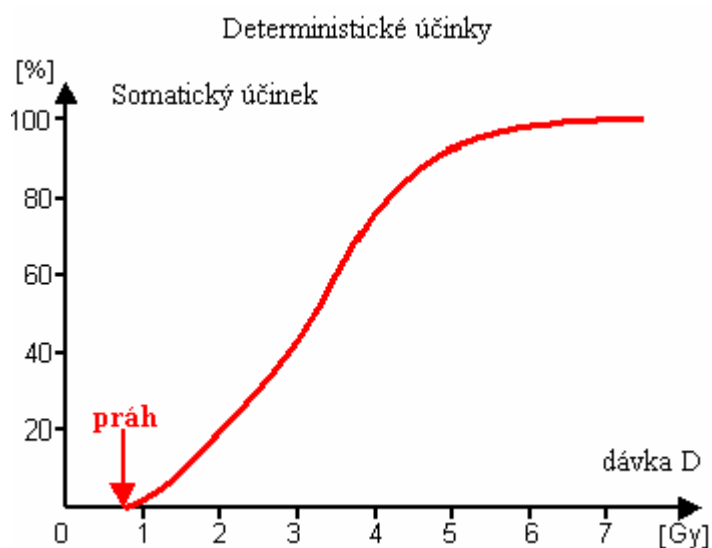
Biologické účinky ionizujícího záření jsou v zásadě dvojí povahy:

- 1) Stochastické (Obr.1)
- 2) Deterministické (Obr.2)

Významný je rozdíl v závislosti účinku na dávce pro tyto dva druhy biologických účinků.



Obr.1 Pravděpodobnost výskytu pro stochastické účinky



Obr.2 Závažnost poškození pro deterministické účinky

2.3.1 Stochastické účinky

Stochastické účinky jsou biologické účinky vyvolané mutacemi (změnami v genetické informaci buňky), které vznikly působením ionizujícího záření na buňky.

Rozlišují se 2 druhy stochastických účinků:

- somatické – vyvolané somatickými mutacemi (poškození jiných buněk než zárodečných). Jedná se o různé formy zhoubných nádorů.
- genetické – vyvolané gametickými mutacemi (poškození zárodečných buněk).

Platí uvedené charakteristiky stochastických účinků:

- 1) jedná se o účinky bezprahové

- 2) s rostoucí efektivní dávkou lineárně roste pravděpodobnost jejich výskytu (viz obr. 2)
- 3) patří sem zhoubné nádory a genetické účinky
- 4) u stochastických účinků nezáleží na tom, zdali byl organismus ozářen v krátkém okamžiku či dávka byla protrahována („tělo si dávku pamatuje“)
- 5) ke vzniku nádoru nemusí dojít v ozářeném místě, proto se u efektivní dávky provádí sčítání ekvivalentních dávek v celém organismu s ohledem na pravděpodobnost vzniku nádoru v daném orgánu a možnosti jeho léčitelnosti
- 6) u nádorů nelze rozeznat, zdali byly způsobeny ionizujícím zářením či jiným vlivem, pokud je třeba toto hodnotit, vychází se z určité míry pravděpodobnosti (viz dále)
- 7) velikost účinku (resp. poškození) nezávisí na velikosti dávky
- 8) stochastický účinek nikdy nevznikne bezprostředně po ozáření, ale až po minimálně několikaletém období latence.

Pravděpodobnost vzniku stochastických účinků je dána velikostí efektivní dávky. Tkáňový váhový faktor vyjadřuje relativní citlivost daného orgánu na vznik stochastických účinků.

2.3.2 Deterministické účinky

Jedná se o účinky k nimž dochází v důsledku smrti (resp. ztráty schopnosti dělení buněk – mitotická smrt) velkého množství ozářených buněk v určité tkáni nebo orgánu.

Platí pro ně:

- 1) jedná se o účinky prahové (tj. objeví se až po překročení určité hodnoty dávky, jež je pro každý orgán jiná)
- 2) po překročení prahové dávky vzrůstá míra poškození s velikostí dávky v daném orgánu (Obr.1) jako příklady jsou uváděny: akutní nemoc z ozáření, poškození kůže, poškození oční čočky apod.
- 3) účinek je zpravidla lokální, tedy jinými slovy, dojde k němu v těch místech, jež bylo ozáření vystaveno (v praxi běžně mluvíme o ozáření každého bodu těla hodnotou stejnou jako v referenčním bodě - levá strana hrudi – ale ve skutečnosti je většinou ozářena pouze část těla)
- 4) je rozdílné, zda je ozáření provedeno jednorázově (v krátkém časovém intervalu) či protrahovaně (během delšího časového údobí – řekněme týdny, měsíce, roky), u protrahovaných dávek je organismus odolnější, tedy jsou vyšší prahové dávky (a to 2x až 10x) než u dávek jednorázových. Pozitivně se totiž projevuje proces reparace.
- 5) konečně, lze klinicky prokázat (i když se to někdy nezjistí na první pohled), zda poškození bylo způsobeno ionizujícím zářením, nebo něčím jiným

Jednotlivé tkáně a orgány jsou různě citlivé k ozáření, říkáme, že mají různou radiosenzitivitu.

Z hlediska destrukce tkáně, tedy deterministických účinků platí, že zvláště vysokou radiosenzitivitu vykazují tkáně, v nichž probíhá rychlé buněčné dělení. Podle klesající radiosenzitivity na deterministické účinky lze seřadit orgány a tkáně orientačně takto:

- 1) aktivní kostní dřev, lymfoidní orgány, pohlavní žlázy, střevo
- 2) kůže a epitelální výstelky (hltan, jícen, žaludek, močový měchýř), oční čočka
- 3) jemné cévy, rostoucí chrupavka, rostoucí kost
- 4) zralá chrupavka, zralá kost, dýchací ústrojí, žlázy zažívacího systému, žlázy endokrinní
- 5) svaly, centrální nervový systém

2.4 Rozdělení zdrojů ionizujícího záření

Zdrojem ionizujícího záření je látka, přístroj nebo zařízení, které může vysílat ionizující záření nebo uvolňovat radioaktivní látky.

Mezi zdroje ionizujícího záření patří zejména radionuklidové zářiče, generátory záření a jaderné reaktory.

Generátorem záření je zařízení nebo přístroj vysílající ionizující záření, jehož součástí pracují při rozdílu potenciálu vyšším než 5 kV, zejména rentgenová zařízení a urychlovače částic. Všechny zdravotnické rentgeny jsou tedy generátory záření.

Zdroje ionizujícího záření jsou rozděleny do pěti kategorií na:

- nevýznamné
- drobné
- jednoduché
- významné
- velmi významné

Diagnostické rentgenové zdroje jsou klasifikovány jako zdroje významné, vyjma zubních rentgenů a kostních denzitometrů, které jsou zdroje jednoduché. Jednotlivá pracoviště se podle vyhlášky č. 307/2002 Sb., v platném znění, zařazují do kategorií podle ohrožení zdraví a životního prostředí. Pracoviště FNO, kde jsou umístěny významné rentgenové zdroje, jsou pracoviště II. kategorie, ostatní pracoviště jsou kategorie I.

Významné zdroje:

- Skiagrafické rentgenové soupravy stacionární
- Skiagrafické rentgenové soupravy mobilní
- Skiaskopicko – skiagrafické rentgenové soupravy
- Angiografické rentgenové soupravy
- Mobilní skiaskopické rentgenové soupravy (C ramena)
- Mamografické rentgenové soupravy
- CT soupravy

Jednoduché zdroje:

- Zubní intraorální soupravy
- Zubní panoramatické soupravy
- Kostní denzitometr

2.5 Základní povinnosti držitelů povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření

Držitel povolení je povinen soustavně a komplexně hodnotit naplňování podmínek (principů) stanovených v § 4 Atomového zákona z hlediska stávající úrovně vědy a techniky a zajišťovat uplatnění výsledků hodnocení v praxi – přednostně zabezpečovat radiační ochranu.

K tomu směřují tyto základní povinnosti :

- používání zdrojů jen s povolením (tam, kde zákon povolení požaduje),
- vymezení kontrolovaných pásem,
- vymezení sledovaných pásem na pracovištích se zdroji záření,
- dodržování podmínek povolení,
- dodržování interní dokumentace schválené SÚJB,
- sledování, měření, hodnocení a zaznamenávání veličin a parametrů důležitých z hlediska radiační ochrany, fyzické ochrany a jaderné bezpečnosti.

2.5.1 Kategorizace radiačních pracovníků

Pro účely monitorování a lékařského dohledu se radiační pracovníci podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením zařazují do kategorie A nebo B na základě očekávaného ozáření za běžného provozu a při předvídatelných poruchách a odchylkách od běžného provozu, s výjimkou ozáření v důsledku radiační nehody nebo havárie.

Pracovníci kategorie A

Jsou radiační pracovníci, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než 0,3 limitu ozáření pro oční čočku, kůži nebo končetiny.

U pracovníků kategorie A musí být zajištěno:

- osobní monitorování,
- preventivní lékařské prohlídky – vstupní, periodické jednou za rok, mimořádné a výstupní,
- povinné nošení ochranných pomůcek.

Pracovníci kategorie B

Jsou všichni radiační pracovníci, kteří nejsou kategorie A.

V kontrolovaném pásmu smějí být k výkonu práce zařazováni pouze pracovníci kategorie A.

2.5.2 Kategorizace pracovišť

Pracoviště, kde se vykonávají radiační činnosti, se kromě pracovišť, kde se používají výhradně nevýznamné nebo typově schválené drobné zdroje, kategorizují vzestupně podle ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením na pracoviště I., II., III., a IV. kategorie.

Pracoviště I. kategorie jsou například pracoviště s drobnými typově neschválenými zdroji ionizujícího záření, pracoviště s kostním densitometrem, pracoviště se zubním nebo kabinovým rentgenovým zařízením.

Pracoviště II. kategorie je například pracoviště s jednoduchým zdrojem, které není pracovištěm I. kategorie, dále pracoviště s radiodiagnostickým nebo radioterapeutickým rentgenovým zařízením, kromě kostních densitometrů, kabinových, zubních rentgenových zařízení.

2.6 Základní podmínky bezpečného provozu na pracovištích

K bezpečnému provozu pracovišť I. až IV. kategorie musí být zajištěno:

- Jedna dohlížející osoba,
- vymezení a označení KP a sledovaného pásma + regulace pohybu osob,
- vybavení pracoviště měřicími přístroji a testovacími pomůckami,
- vybavení osobními ochrannými prostředky (např. pláště, zástěry, límce, brýle, rukavice),
- vybavení ochrannými pracovními pomůckami (např. mobilní zástěny, stínící stoličky),
- pravidelné proškolení a přezkušování znalostí radiačních pracovníků (A i B),
- uvádění zdrojů záření do činnosti jen na nezbytnou dobu,
- ovládání zdrojů záření pokud možno z chráněných prostor,
- vyřazení z používání zdrojů záření s propadlou zkouškou dlouhodobé stability nebo jejím nevyhovujícím výsledkem.

[7], [8], [9], [10]

3 Zobrazovací proces skiografie a skiaskopie

Rentgenová vyšetření rozlišujeme na skiagrafická, jedná-li o statické pozorování nálezů, a na skiaskopická, jedná-li se o dynamické studie.

3.1.1 Skiografie

Při prostém rentgenovém snímkování, zvaném skiografie, dopadá rentgenové záření, prošlé vyšetřovanou tkání, na fotografický film obsahující halogenidy stříbra (bromid stříbrný), v němž fotochemickou reakcí dochází k uvolňování stříbra z jeho vazby ve sloučenině vzniká latentní obraz, který je při vyvolání ve vývojce zviditelněn pomocí hustoty zrníček koloidního stříbra, zbylý bromid stříbra se rozpustí v ustalovači.

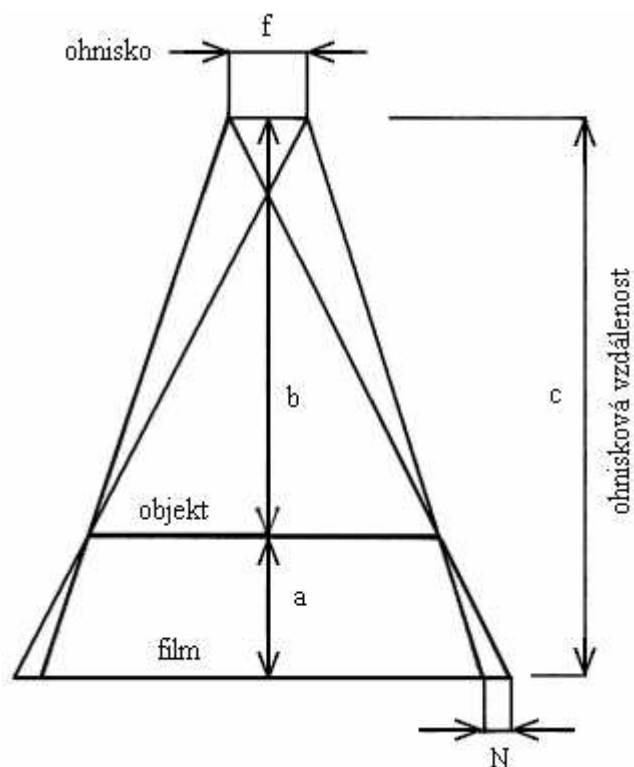
Hustota zčernání filmu (denzita) je úměrná množství prošlého rentgenového záření. Vzniklý rentgenový fotografický obraz představuje negativní zobrazení hustoty tkáně: místa s nízkou hustotou (měkké tkáně) mají nižší absorpci a proto vysoké zčernání, místa s vysokou denzitou (např. kosti) více absorbují rentgenové záření a jsou proto na filmu zobrazena světle (s nízkým zčernáním).

Pro rentgenové snímkování se používají speciální filmy, jejichž emulze je silnější a obsahuje zvýšený obsah halogenidů stříbra ve srovnání s běžnými fotografickými materiály. Filmy se vyrábějí v různých velikostech nejmenší políčka cca 2x2cm se používají při zubní rentgenové diagnostice, největší formáty cca 43x43cm při snímkování plic, popř. 96x20cm na páteř.

Při vlastním snímkování jsou filmy uloženy ve speciální světlotěsné kazetě, opatřené při okraji kovovými značkami a písmeny, které se při expozici promítají na film, po vyvolání jsou viditelné a zajišťují geometrickou orientaci a identifikaci snímku. V temné komoře se pak vyjímají z kazet, k vyvolání se používá speciálních koncentrovaných vývojek, poskytujících vysoký kontrast a sytost zčernání filmu; proces vyvolávání, ustalování a sušení se provádí ve vyvolávacích automatech. Celkově však je použití filmů a "mokrého procesu" na ústupu, budoucnost patří elektronickému snímání a digitalizaci rentgenových obrazů.

Za účelem snížení radiační zátěže pacientů se používají zesilující fólie se zesilujícími faktory 200, 400, 800. Tyto fólie včetně kazet se v pravidelných intervalech (doporučení SÚJB) vizuálně kontrolují a testují, zda při jejich používání nedochází k mechanickému poškození, porušení světlotěsnosti kazet, poškození kontaktu film fólie nebo zda nedochází ke snížení relativní citlivosti folií. Při poškození folií a kazet a po vyčerpání počtu expozic, který výrobce doporučuje v návodu k obsluze jako optimální vzhledem k opotřebování, jsou zesilující fólie s kazetami vyměněny za nové.

Na Obr.3 je zobrazeno uspořádání skiagrafického systému, kde a – je vzdálenost snímkaného objektu od filmu, $b = c - a$, c – je ohnisková vzdálenost, f – je rozměr optického ohniska, neostrost N – je polostín způsobený rozměrem ohniska rentgenky a geometrickým uspořádáním parametrů a , b .



Obr.3 Uspořádání skiagrafického systému

K získání kvalitní diagnostické informace nepřispívá pouhá volba vhodného rentgenového zařízení, ale všechny články zobrazovacího řetězce, které mohou tuto informaci ovlivnit. U skiagrafických zařízení je to především způsob vyvolávání, použití filmů, kazet, zesilujících fólií, kvalitní prohlížečů zařízení.

3.1.2 Negatoskop – „prohlížečka” rentgenových filmů

Nedílnou součástí obrazového řetězce je prohlížení obrazu, a to filmu na negatoskopu (Obr.4) nebo přímo na obrazovce (monitoru).



Obr.4 Negatoskop s přiloženým rentgenovým snímkem

Kvalita negatoskopu ovlivňuje přesnost diagnózy. Negatoskop musí mít dostatečný jas, možnost regulace jasu a možnost vybavení systémem clon. Platí zásada, aby snímek byl dokonale

vycloněn, aby okolí snímku nepřezářovalo, a tak neoslňovalo oko lékaře.

Konstrukce negatoskopů je velmi pestrá, důležitá je mechanická tuhost systému a regulace jasů na vysokofrekvenční bázi.

3.2 Skiaskopie

Skiaskopie (prosvěcování) je rentgenologická vyšetřovací metoda přímého vizuálního pozorování obrazu prošlého rentgenového záření.

Skiaskopická vyšetření umožňují studium dynamických jevů, při kterých je kontinuální obrazová informace vytvářena dopadem rentgenového záření na fluorescenční stínítko zesilovače obrazu, spojeného s televizním řetězcem a TV monitorem. Záznam obrazu se provádí buď na filmový materiál nebo s použitím jiné dokumentační techniky, jako je video záznam nebo laserová kamera.

Pod názvem přímá (klasická) skiaskopie rozumíme prosvěcování pacienta rentgenovým zářením při současném vizuálním pozorování vzniklého obrazu na fluorescenčním stínítku (štítkě). Nevýhodou je, že se provádí v dokonalé zatemněné místnosti, takže lékař, který vyšetřuje, se musí adaptovat na vidění ve tmě. Hlavní nevýhodou je ale daleko větší dávka rentgenového záření absorbovaná pacientem než při skiagrafii a nepřímé skiaskopii. Výhodou skiaskopie je, že umožňuje prostorovou představu při lokalizování patologického ložiska a sledování dynamických dějů, např. pozorování dýchacích pohybů bránice, pulsaci srdce, pohybu žaludku, střev apod.. Přímá skiaskopie se dříve využívala velmi často, avšak vzhledem k vysoké radiační zátěži vyšetřujícího rentgenologa (a též pacienta) se od ní už ustoupilo.

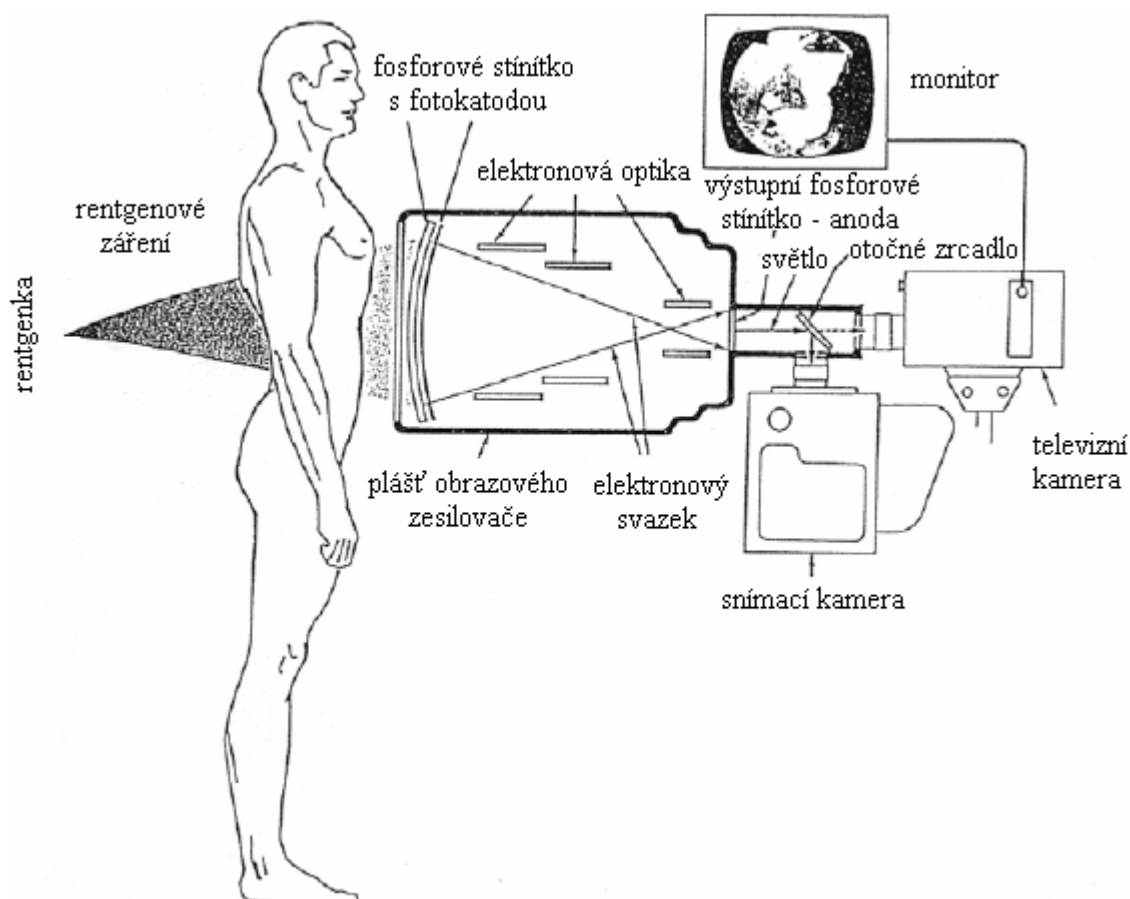
Nepřímá skiaskopie se provádí na přístrojích vybavených zesilovačem obrazu a elektronickým snímáním obrazu. Tato nepřímá skiaskopie se nyní používá k vyšetřování dynamických dějů (koronární arteriografie, transhepatální cholangiografie) a při intervenčních výkonech, kde je potřebná vizuální kontrola precizních prací prováděných uvnitř organismu – zavádění různých sond a katetrů, implantace kardiostimulátorů, koronární angioplastika atd.

U skiaskopických zařízení je důležité sledovat kvalitu použitých zesilovačů obrazu, monitorů, softwarové vybavení atd., tak aby byla získána kvalitní diagnostická informace.

3.2.1 Rentgenový obrazový zesilovač

Je obrazová vakuová elektronka, která převádí latentní rentgenový obraz do světelného (viditelného) spektra. Zesilovače se používají dnes všude tam, kde se sleduje převážně pohyb. Na výstupu zesilovače se obraz snímá televizní kamerou s klasickou vakuovou snímací elektronkou, nověji CCD kamerou. Na Obr.5 je vidět základní uspořádání rentgenového zesilovače. Použití rentgenového obrazového zesilovače výrazně snižuje dávku záření na pacienta. Tato výhoda je však znehodnocena časově dlouhým rentgenováním při skiaskopii. Proto jsou všechny skiaskopické rentgenové přístroje vybaveny měřičem času, který upozorní obsluhu na překročení povolených dávek záření.

S pokrokem technologie éra rentgenových zesilovačů pomalu také končí, zesilovače jsou nahrazovány polovodičovými receptory obrazu.

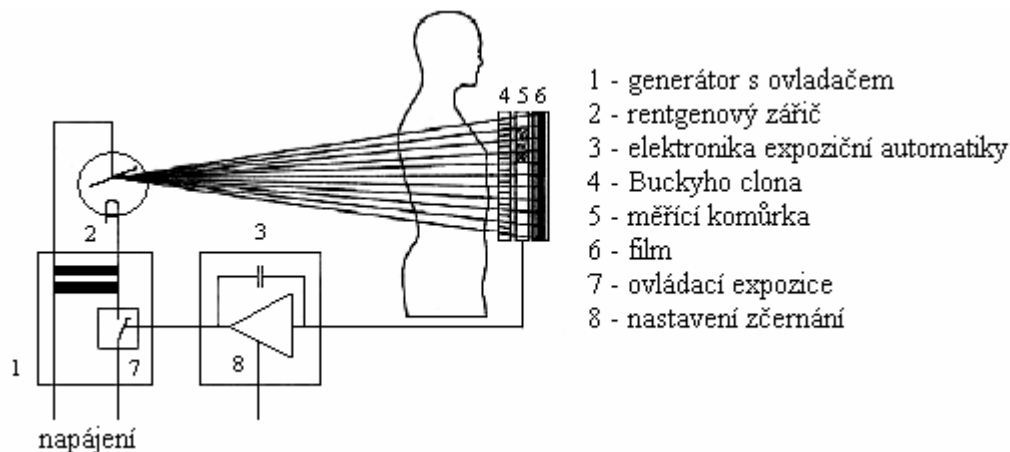


Obr.5 Základní uspořádání rentgenového zesilovače

3.3 Expoziční automatika

Expoziční automatika ukončí expozici podle výše dávky při průchodu rentgenového záření objektem. Samozřejmě „citlivost“ expoziční automatiky se musí dát nastavit tak, aby latentní rentgenový obraz obsahoval maximum obrazových informací „od bílé do černé“ pro daný snímkaný objekt. Šíře nastavení citlivosti expoziční automatiky musí respektovat různé kvality filmů a zesilovacích folií, které mohou být používány a rozdílné objekty, které se snímají.

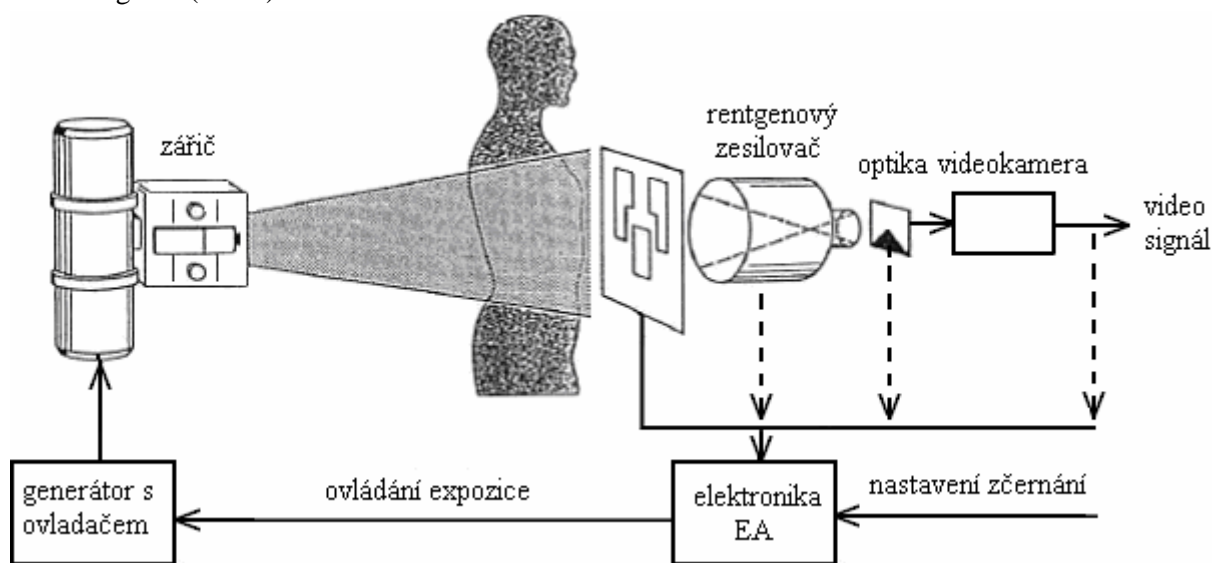
Základní uspořádání pro skiografii s filmem je na Obr.6:



Obr.6 Základní uspořádání pro skiografii s filmem

Expoziční automatika se skládá ze dvou částí – čidla fotonové energie a elektroniky. U skiografie je to měřící komůrka tvořená plochým vzduchovým kondenzátorem, nebo polovodičovými detektory. Konstrukce a technologie expoziční automatiky je velmi rozdílná, např. u skiografie pro snímky rozměru 35x35 cm mohou být expoziční komůrky součástí folie téhož rozměru, těsně naléhající na zadní stranu Buckyho mřížky. Při průchodu záření se stává prostředí mezi foliemi vodivé. Ionizační komůrky mohou pracovat současně, nebo mohou být zapínány podle potřeby snímkaného objektu. Folie je rentgen transparentní, komůrky při vhodném nastavení kV a mAs jsou na filmu slabě viditelné. V normálním provozu nejsou však na snímku vidět. U mamografů lze s ionizační komůrkou pohybovat a umístit ji do oblasti zájmu. Nebo je ve snímkovém poli několik komůrek pevně nastavených (umístěných), ale ovládaných elektronickou cestou. Všechny komůrky vyhodnotí nejdříve latentní rentgenový obraz prsu a pak systém určí optimální parametry kV a mAs – a provede automaticky expozici. Doba vyhodnocení (hledání správné expozice) nebývá delší než 2 s. Elektronika expoziční automatiky umožňuje nastavení expoziční automatiky v dost širokých mezích a je zavedena technika „plus – minus“ zčernání od nastavené „nuly“. Systém respektuje různé citlivosti filmů, film-foliové kombinace atd.

U skiaskopických zařízení mohou být použity také klasické komůrky jako u skiografie, které jsou před rentgenovým zesilovačem nebo je použit fotonásobič v optickém systému mezi rentgenovým zesilovačem a snímací kamerou. Častěji se bere informace pro expoziční automatiku přímo z videosignálu (Obr.7).



Obr.7 Expoziční automatika

Expoziční čas

Expoziční čas je čas potřebný k provedení expozice. Tento čas by měl být co nejkratší, aby se potlačila pohybová neostrost způsobená objektem. Vzhledem k rychlosti pohybu vnitřních orgánů se doporučují různé expoziční časy.

3.4 Digitalizace

Současná technologie receptorů obrazu pro skiografii je rentgenový film a pro skiaskopii je to rentgenový zesilovač s televizní kamerou a monitorem. Ale s narůstající kvalitou polovodičové technologie jsou jednotlivé prvky analogového systému nahrazovány obrazovými čipy, ať již citlivé na světlo, nebo na rentgenové záření. Nastává tedy období útlumu klasických rentgenových filmů, rentgenových zesilovačů obrazu, vakuových televizních kamer a monitorů s vakuovými obrazovkami a nástup éry digitalizace obrazu.

[2], [4], [6], [7], [11]

4 Obecné zásady radiační ochrany při snímkování

Snímkování pacientů lze provádět pouze na pracovních místech, kde byla prokázána odpovídající úroveň radiační ochrany. U stacionárních zařízení je to ovladovna s možností vizuální kontroly pacienta (Obr.8), u pojízdných zařízení zpravidla postačí dostatečný odstup od rentgenového zářiče případně s použitím přenosného ochranného stínění, ochranných pomůcek. U skiaskopických vyšetření musí být ověřeny hodnoty rozptýleného záření ve specifikovaných vzdálenostech od primárního svazku. Pobyt vyšetřujícího personálu při těchto vyšetřeních musí být optimalizován.



Obr.8 Radiodiagnostické pracoviště

Pacient je před lékařským ozářením řádně poučen provádějícím indikujícím lékařem a souhlasí s rizikem ionizujícího záření při indikovaném lékařském ozáření.

Při vyšetřování je v místnosti dle daných možností jen vyšetřovaný a obsluhující. Jestliže k uložení a fixaci pacienta je nutná přidržující osoba, jsou dodrženy takové zásady, že přidržující osoba je starší 18 let, v případě ženy není těhotná, je vybavena ochrannými stínícími pomůckami (zástěry, rukavice, brýle, nákrčníky na stínění štítné žlázy), je poučena o riziku ionizujícího záření. Vstup přidržující osoby do prostorů vymezeného kontrolovaného i sledovaného pásma se písemně zaznamenává. Záznam obsahuje datum rentgenování, název zdroje ionizačního záření, jméno a datum narození přidržující osoby, jméno a rodné číslo vyšetřovaného pacienta, ochranné pomůcky použity přidržující osobou a podpis přidržující osoby, o tom, že byla poučena o riziku ionizujícího záření. Osoba, která přidržuje pacienty opakovaně je navíc vybavena filmovým osobním dozimetrem. Takovou osobou může být např. dětská sestra pracující v kojeneckém ústavu.

Během expozice je ve vyšetřovně jen pacient, popřípadě přidržující osoba. Vyšetřovna je zabezpečena proti vstupu osob výstražnými symboly světly a všemi uzavřenými dveřmi do vyšetřovny. Dveře jsou opatřeny kulatými klikami. Dveře vstupu do kontrolovaného pásma musí být v souladu s § 30. vyhl. č.307/2002 Sb. označeny znakem "radiačního nebezpečí" (Obr.9) (ČSN 018015 Znak radiačního nebezpečí. Tvar a rozměry) a upozorněním "Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán". Toto označení je postačující, pokud je přístup do vyšetřovny chráněn nebo je kontrola vstupu zajištěna jinak. V ostatních případech musí být

z vnějšku na dveřích do vyšetřovací místnosti instalována varovná světelná popř. akustická signalizace. Obsluha ovládá přístroj z dobře uzavřené obsluhovny nebo stojí za zástěnou.



Obr.9 Znak radiační nebezpečí

O provedené expozici pořídí radiologický asistent záznam do provozního deníku, který obsahuje datum, jméno pacienta, datum narození, výšku, váhu, číslo místního standardu, typ projekce, počet snímků nastavené parametry expozice (kV, mAs), velikost receptoru formátu a osobu, která vyšetření provedla.

Radiologický asistent je během provádění expozice vybaven osobním dozimetrem umístěným na referenčním místě těla.

4.1 Ochrana pacientů a personálu na radiodiagnostickém pracovišti

4.1.1 Ochrana personálu ve vyšetřovací místnosti

Při skiaskopických vyšetřeních se musí nezbytný zdravotnický personál zdržovat během expozice pacienta ve vyšetřovací místnosti. Potom hlavním zdrojem expozice personálu je Comptonův rozptyl primárního záření v ozářené části těla pacienta. Množství rozptýleného záření je úměrné ozařované ploše. Je proto důležité, aby byl svazek vymezen jen na diagnosticky významnou oblast. Sníží se nejen radiační zátěž personálu a pacienta, ale zvýší se i kvalita zobrazení. Při ochraně proti rozptýlenému záření se uplatní všechny tři základní způsoby ochrany - ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Dávka je přímo úměrná času strávenému v blízkosti zdroje záření. Záleží především na erudici vyšetřujícího lékaře, aby skiaskopický čas byl co nejkratší. Každé skiaskopické zařízení musí být vybaveno zařízením, které akusticky signalizuje uplynutí celkové skiaskopické doby (zpravidla trvání 5 minut).

Velmi účinné je uchovávat si co největší odstup od zdroje záření, tj. od vyšetřovaného pacienta. Připomeňme si, že dávka klesá se čtvercem vzdálenosti. Například odstup z 25 cm na 100 cm znamená 16ti násobné snížení dávky. Monitorováním rozptýleného záření při konkrétním typu vyšetření simulovaném pomocí fantomu lze stanovit pracovní místa, která jsou pro přítomný zdravotní personál z hlediska dávky nejbezpečnější.

Ochranu časem a vzdáleností vhodně doplňuje ochrana stíněním. Používají se mobilní zástěny, stoličky, ochranné závěsy upevněné na vyšetřujícím stole, stropní závěsy s olovnatým sklem, chránící zejména oči vyšetřujícího lékaře. Velmi důležité jsou osobní ochranné pomůcky, zástěry, límce, rukavice, brýle. Ochranné zástěry a límce se vyrábějí se stínícím ekvivalentem 0,25, 0,35 nebo 0,50 mm Pb. Rukavice se vyrábějí i s nižším stínícím ekvivalentem pro ta vyšetření, kdy musí být zachován cit v rukou, například při vyšetření kojenců. Zástěry, límce i rukavice musí být nejméně

jednou za rok podrobeny dozimetrické kontrole, zda není narušena jejich celistvost.

K ochraně personálu přispívají i další opatření, osobní monitorování dávek, program zabezpečování jakosti rentgenových vyšetření, soustavné vzdělávání personálu.

4.1.2 Ochrana pacientů

Při ochraně pacientů se uplatní jak princip zdůvodnění činnosti, tak princip optimalizace ochrany. Princip limitování dávek nelze použít, neboť řešení zdůvodněných klinických problémů při různých radiodiagnostických výkonech musí mít přednost před jakýmkoliv formálními pravidly.

Při optimalizaci expozice hraje klíčovou úlohu radiodiagnostický laborant. Jednak provádí pravidelnou kontrolu kvality zobrazení a usuzuje na standardní chod zobrazovacího řetězce, jednak volí optimální podmínky expozice, aby dávka byla co nejnižší bez ztráty nezbytné klinické informace. Volí také použití vhodných ochranných prostředků pro pacienta.

Jedním z nejvýznamnějších technických prostředků k omezení radiační zátěže pacienta je vymezení svazku záření na co nejmenší pole, které je ještě v souladu s oblastí zájmu. Okraje clon by měly být na snímcích či na monitoru viditelné. Přesné umístění pole je také velmi důležité, zejména leží-li oblast zájmu v blízkosti gonád nebo při vyšetření novorozenců, kdy jsou gonády vždy v blízkosti primárního svazku.

Při skiaskopii je radiační zátěž pacienta nejvíce ovlivněna kvalitou zesilovače obrazu, přesněji kermovým příkonem na vstupu zesilovače obrazu, a také celkovým skiaskopickým časem. Maximální kermový příkon včetně zpětného rozptylu na kůži pacienta nemá u přístrojů, které umožňují režim „vysokého výkonu“, překročit hodnotu 100 mGy/min. Přímá skiaskopie bez použití zesilovače obrazu by se již neměla používat vůbec.

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím dávku je kvalita záření, daná celkovou filtrací a anodovým napětím. Aby byla expozice pacienta co nejnižší, musí být anodové napětí co nejvyšší, ale v souladu s odpovídajícím kontrastem zobrazení (kontrast s rostoucím napětím klesá).

Výrazného snížení dávky lze dosáhnout použitím citlivějších zesilujících folií. Zesilující fólie ze vzácných zemin umožňují až několikanásobné snížení dávky proti klasickým foliím. Používáním folií s vysokým zesilujícím účinkem lze jednak snížit dávky např. při nezbytných gynekologických a pediatrických vyšetřeních, ale také minimalizovat pohybovou neostrost, aby nedocházelo ke zbytečnému opakování snímků.

Také zpracování filmů má velký vliv na dávku i kvalitu zobrazení. Je prokázáno, že pokud se neprovádí každodenní kontrola zpracování filmů, vzrůstá počet opakovaných vyšetření v důsledku zhoršené kvality snímků. Přijatelná kvalita zobrazení není ale ještě zárukou optimálního zpracování. Je například možné, že teplota použité vývojky je nízká. Snížení o 3 °C proti optimální teplotě vyžaduje přibližně dvojnásobnou expozici, a tím i dávku pacientovi.

Z důvodů radiační ochrany se musí stínit radiosenzitivní orgány nebo tkáně, kdykoliv je to možné. Stínění testes či ovarií se u pacientů v reprodukčním věku musí použít vždy, jsou-li gonády blízko primárního svazku, nebo přímo ve svazku, pokud stínění nebrání v získání potřebné klinické informace.

I když se při rentgenových vyšetřeních neuplatňuje princip limitování dávek, zavádějí se pro nejfrekventovanější vyšetření směrné hodnoty, které lze chápat jako základ, od něhož lze odvíjet další zlepšení směrem k nižším úrovním dávek.

V rámci úsilí o zabezpečení základní kvality rentgenových vyšetření se projevuje také tendence k vyhlašování doporučených jednotných vyšetřovacích technik. Příprava těchto standardů vyšetření přísluší

odborníkům radiodiagnostiky. Hledisko radiační ochrany je přitom jedním z důležitých aspektů, i když institut vyšetřovacích standardů má širší význam pro zdravotnickou politiku státu a dotýká se i zájmů lékařských komor a zdravotních pojišťoven.

[4], [5], [6], [11]

5 Radiodiagnostická zařízení

Tato kapitola se zabývá používáním rentgenového přístroje, rentgenovým přístrojem, rentgenkou a parametry rentgenového zařízení.

Každé rentgenové zařízení musí zahrnovat zdroj vysokého napětí, rentgenový zářič (vlastní rentgenku v krytu), zařízení vymezující primární svazek rentgenového záření (clony) a u většiny typů zařízení podložku pro pacienta (vyšetřující stůl apod.), expoziční automat, sekundární clony, kazety s filmem, ovládací zařízení s ukazatelem vstupních hodnot, části skiaskopického řetězce (zesilovač, TV monitor) a další nezbytné součásti rentgenového zařízení.

5.1 Používání rentgenového přístroje

Podle Atomového zákona lze používat rentgenový přístroj pouze s povolením SÚJB. Držitelem povolení může být právnická osoba nebo fyzická osoba (nemocnice nebo jiné zdravotnické zařízení), splňující podmínky Atomového zákona. Podmínkou vydání povolení k nakládání se ZIZ je mimo jiné doklad o ustavení dohlížející osoby (§ 10 a § 13 AZ). V některých případech (např. velké nemocnice) je vhodné, aby provozovatel zřídil k zajištění soustavného dohledu nad dodržováním požadavků radiační ochrany specializovaný samostatný útvar (oddělení radiologické fyziky). Tento útvar pak může odborně vést nebo provádět zkoušky provozní stálosti (§ 72 vyhl. č.307/2002 Sb.), i převzít plnění povinností, které jsou obvykle zajišťovány smluvně, například přijímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability (§ 70 a § 71 vyhl. č.307/2002 Sb.), pokud bude mít příslušná povolení podle § 9 AZ, což může být pro zdravotnická zařízení ekonomicky výhodné.

Podle současné legislativy lze v České republice v souladu s vyhláškou č.317/2002 Sb., instalovat jen rentgenové přístroje typově schválené. Před uvedením přístroje do provozu musí být provedena přijímací zkouška (§ 70 vyhl. č.307/2002 Sb.).

Radiodiagnostické soupravy jsou v době, kdy nejsou používány, vypnuty hlavním vypínačem a bezpečnostně zabezpečeny proti neoprávněné manipulaci cizími osobami. Pro stacionární a mobilní rentgenové soupravy je odlišná příprava pracoviště a zdroje k použití. Na každém zdroji je denně před započetím práce provedena vizuální zkouška provozní stálosti. V případě zjištění závad, nahlásí obsluha rentgenové soupravy tuto skutečnost vrchnímu radiologickému asistentovi a postupuje se podle platného standartního postupu FNO.

5.2 Rentgenový přístroj

Rentgenový přístroj je tvořen zdrojem vysokého napětí a ovladačem. Rentgenový přístroj, rentgenka, rentgenové nářadí a rentgenové příslušenství tvoří rentgenové zařízení (rentgen). Rentgenový přístroj je tedy souhrn elektrických, elektronických a výpočetních prvků nezbytných pro provoz rentgenky.

Rentgenový přístroj se skládá z hlavního a pomocného obvodu. Hlavní obvod je tvořen pojistkami, stabilizátorem napětí, autotransfornátorem, vysokonapětovým transformátorem a usměrňovači. Pojistky umožňují rychlé přerušení přívodu proudu (v případě, že dojde k přetížení). Úkolem stabilizátoru napětí je vyrovnaní síťové napětí, které značně kolísá (jakýkoliv výkyv na primárním vinutí, znamená výkyv na sekundárním vinutí, což má za následek, značně kolísavou jakost rentgenového záření). Pomocí autotransfornátoru se reguluje velikost napětí přivedeného do vysokonapětového transformátoru, jehož úkolem je vytvořit "kvalitní" napětí desítek až stovek kV, které je poté přivedeno na anodu rentgenky, která je napojena na jeho sekundární stranu. Usměrňovače

slouží k přeměně střídavého proudu v proud pulzní (stejnosměrný). Regulací vysokého napětí (kV) se ovlivňuje kvalita rentgenového záření.

Pomocným obvodem je žhavicí obvod tvořený žhavicím transformátorem, jehož úkolem je nažhavení vlákna katody, které je připojené na jeho sekundární stranu. Regulací žhavicího proudu (mA) se ovládá kvantita rentgenového záření emitovaného rentgenkou. Nezbytnou součástí rentgenového přístroje je ovladač. Ovladač obsahuje řadu řídicích a kontrolních prvků, které řídí a kontrolují kV, mA, s a dále řadu pomocných obvodů (řídicí obvody připojeného rentgenového nářadí, osvětlení místnosti atd.).

U generátorů záření se provádí ověření funkčnosti a ověření kvality řídicích, ovládacích, bezpečnostních, signalizačních, indikačních a zobrazovacích systémů nebo dalších mechanických systémů, stanovují se dozimetrické veličiny. Rozsah zkoušek je stanoven v rozhodnutí o typovém schválení nebo v průvodní technické dokumentaci od výrobce nebo dovozce ZIZ. Hodnoty z měření se srovnávají s hodnotami stanovenými v českých technických normách.

Základní regulační a kontrolní prvky rentgenového přístroje

Síťový stykač ovladače (spínač), kterým se přístroj připojuje nebo odpojuje od elektrické sítě. Bývá řešen jedním nebo dvěma tlačítky. V případě jednotlačítkového řešení se tímto tlačítkem přístroje jak připojuje, tak odpojuje. U dvoutlačítkového řešení slouží jedno tlačítko k připojení a druhé k odpojení přístroje od sítě. Síťovému stykači ovladače je předřazen hlavní síťový stykač, který je umístěn na stěně v místnosti obsluhy. Zapnutí síťového stykače ovladače musí předcházet sepnutí hlavního síťového stykače, po jehož sepnutí se na většině přístrojů rozsvítí světelná kontrolka.

Síťový voltmetr je určen k měření napětí v síti. Obsluhujícího informuje o přepětí či podpětí v síti. Každá změna napětí se projeví vychýlením ručičky voltmetru. Námi tolerovaná výchylka napětí (nad či pod 220 V) je na voltmetru zvýrazněna červenou oblastí.

Volič (řadič) proudu (mA, mAs) slouží k nastavení žhavicího proudu katody a tím i množství emitovaného záření. Volič proudu bývá otočný nebo tlačítkový.

Miliampérmetr k měření katodového proudu rentgenky (mA), může být kombinován s miliampérsekundometrem (mAs) k měření katodového proudu a času. Expozice (popř. záření rentgenky) je reprezentovaná vychýlením ručičky miliampérmetru.

Volič (řadič) vysokého napětí (kV) slouží k nastavení výše vysokého napětí a tím určuje kvalitu (tvrdost) záření. Volič napětí bývá otočný nebo tlačítkový. Voličem se nastavuje napětí plynule nebo ve skocích.

Voličem expoziční doby se nastavuje na časovém relé doba emise rentgenového záření. Po uplynutí nastaveného času ukončí stykač expozici. Navolená doba bývá vidět na číslicovém zobrazovači.

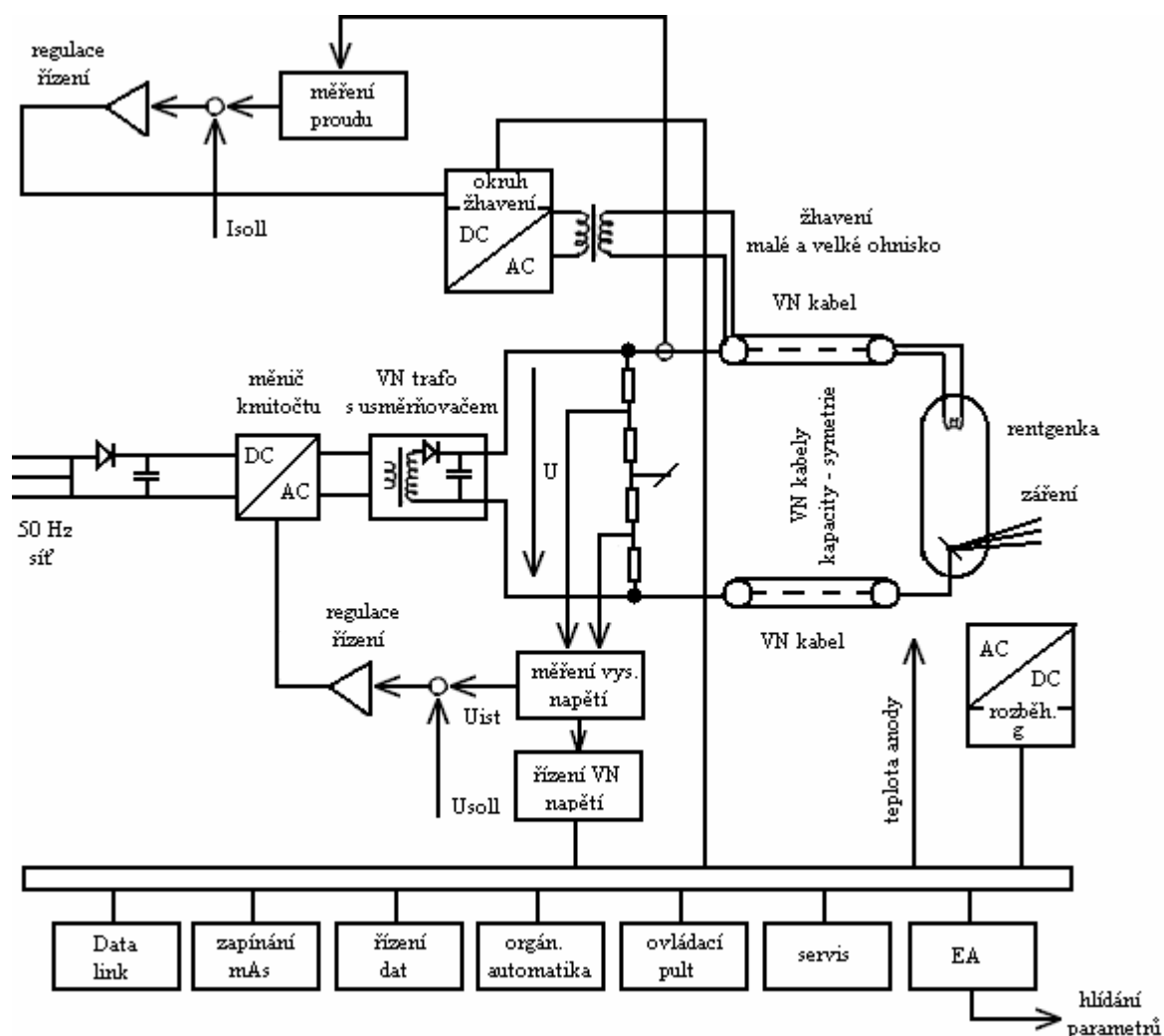
Měřič skiaskopického času má za úkol zabránit příliš dlouhé skiaskopii. Po uplynutí předem navolené doby měřič vypne skiaskopii, opětovná skiaskopie je možná až po vynulování měřiče. Některé přístroje jsou vybaveny zvukovou a světelnou signalizací překročení nastaveného času.

Voličem pracovních míst se nastaví používané pracovní místo (rentgenka).

Volič ohnisek slouží k nastavení malého nebo velkého ohniska rentgenky. Volič ohnisek je otočný nebo se jedná o dvě tlačítka. Deska ovladače obsahuje spoustu signálů a kontrol, která informují personál o nastavení přístroje. Výkon každého rentgenového přístroje je udáván v kW, jedná se o součin maximálního napětí a maximálního proudu, které lze na přístroji dosáhnout.

Blokové schéma rentgenového generátoru

Na Obr.10 je zobrazeno blokové schéma dnešního rentgenového generátoru se všemi funkcemi. Rentgenka je napájena symetricky \pm kV, oba vysokonapětové kabely musí být stejně dlouhé (symetrie kapacit), v jedné části je přívod žhavení. Zdroj vysokého napětí je tvořen usměrňovačem síťového (50 Hz) napětí jedno nebo třífázové pak invertorem (střídačem) na potřebnou frekvenci např. 100 kHz dalším usměrněním s výstupem na rentgenku. Měří se současně napětí v kV a proud rentgenkou v mA a porovnává se s parametry nastavenými na ovladači. Obojí je kontrolováno okruhem zpětné vazby. Toto řešení je velmi stabilní a umožňuje přesné nastavení zatěžovacích parametrů kV, mA a s. Přesnost nastavení parametrů je lepší než 2 %.



Obr.10 Blokové schéma rentgenového generátoru

Generátor obsahuje tyto obvody a funkce :

- obvody připojení k síti
- vysokonapěťový zdroj
- žhavicí zdroj a předžhavení
- časování expozice
- obvody komunikace s obsluhou
- obvody komunikace s rentgenovým nářadím
- bezpečnostní obvody
- měřicí obvody
- řídicí procesor
- elektronika ovládání otáček anody rentgenky rozběh, plynulé otáčky během expozice, brždění anody a její zastavení
- elektronický okruh expoziční automatiky
- orgánová automatika přednastavení hodnot
- kV a mAs pro konkrétní snímkování např. hlezenního kloubu nebo plic atd.
- vysokonapěťové výstupy a žhavení pro druhý (třetí) zářič na požádání (podle projektu)
- elektronický obvod stálé kontroly parametrů 50 Hz sítě a její vnitřní odpor
- servisní software na stálou kontrolu parametrů generátoru
- elektronický okruh stálé kontroly teploty anody i teploty celého zářiče
- u skiaskopických zařízení sledování celkové radiační zátěže během skiaskopie
- sčítání radiografických expozic
- přepínání velkého a malého ohniska rentgenky
- indikace dávky v mGy nebo μGy
- indikace záření upozornění pro personál
- přes ovladač se exponují na film národně pacienta, datum a piktogram
- snímkané oblasti, včetně velikosti radiační dávky

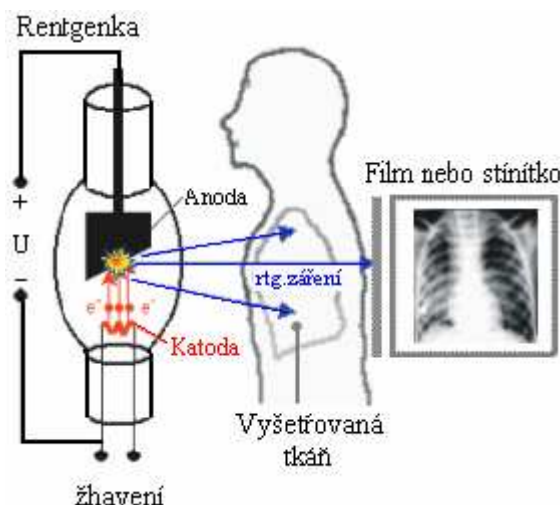
Ke generátoru patří ovládací panel, kde se nastavují nebo odečítají parametry v kV, mA, s, nebo mAs, a další kontrolní údaje. Patří sem také orgánová automatika: zapnutí a vypnutí generátoru (tedy celého rentgenového zařízení), start radiografické expozice nebo skiaskopie. Každý generátor musí být se zářičem seřízen.

Generátor obsahuje také důležité kontrolní funkce. Je to zejména hlídání nežádoucího překročení nastavených mAs a hodnot kV. Překročení nastavených parametrů nebo selhání expoziční automatiky vede k radiační havárii. Každý generátor musí mít možnost funkční kontroly těchto pojistek, musí být vybaven obvody pro kontrolu tepelné zátěže ohniska (ohnisek) a anody rentgenky. Sem také patří všechny bezpečnostní okruhy, které zajišťují spolehlivou a přesnou expozici, tedy včasné nažhavení rentgenky pro daný proud mA, stabilní otáčky anody rentgenky a konstantní napětí expozičního pulsu. Během expozice musí plynule nabíhat dávka.

5.3 Rentgenka

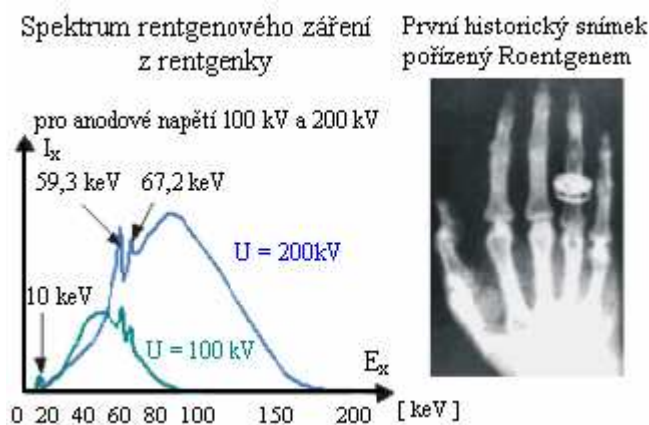
Zdrojem rentgenového záření pro jeho zobrazení je speciální vakuová elektronka zvaná rentgenka, rentgenová lampa či trubice. Z elektronického hlediska je rentgenka dioda zapojená v obvodu s vysokým napětím cca 20 – 200 kV. Rentgenka je tvořena záporně nabitou katodou a kladně

nabitou anodou (Obr.11).



Obr.11 Základní principiální schéma rentgenového zobrazení

Katoda s anodou jsou uzavřeny ve válcovém, skleněném, vzduchoprázdňém obalu. Žhavená katoda emituje elektrony, které jsou přitahovány k anodě, přičemž jsou silným elektrickým polem urychlovány na energii danou vysokým napětím (tj. cca 20 – 200 keV). Po dopadu na anodu se elektrony prudce zabrzdí, přičemž část jejich kinetické energie se přemění na brzdné elektromagnetické záření rentgenové záření (2%), které vylétá z trubice ven. Spektrum rentgenového záření z rentgenky pro anodové napětí 100kV a 200kV je zobrazeno na Obr.12.



Obr.12 Zleva spektrum rentgenového záření rentgenky, první rentgenový snímek pořízený Roentgenem

Anoda je zhotovena z těžkého materiálu (nejčastěji z wolframu), který má vysokou elektronovou hustotu, takže dopadající elektrony jsou velkou odpudivou silou prudce bržděny, čímž se podle zákonitostí elektrodynamiky část jejich kinetické energie mění v brzdné elektromagnetické záření fotony rentgenového záření. Účinnost tohoto procesu je však poměrně malá jen asi 1% celkové kinetické energie elektronů se transformuje na fotony rentgenového záření, zbytek se mění v teplo. Důvodem je, že jen asi 1% elektronů pronikne dostatečně hluboko dovnitř atomů materiálu

anody, až ke slupce L nebo K, kde teprve působí velké Coulombovské elektrické síly způsobující prudkou změnu rychlosti elektronů a tím efektivní buzení tvrdého brzdného záření. Ostatní elektrony předávají svou kinetickou energii elektronům a atomům krystalové mřížky, což vyústí v teplo.

Kromě rentgenového záření je vyzařováno i určité menší množství charakteristického rentgenového záření, jehož energie nezávisí na anodovém napětí, ale je dána materiálem anody. Charakteristické rentgenové záření vzniká následkem fotoefektu na vnitřních energetických hladinách atomového obalu v materiálu anody, z nichž jsou vázané elektrony vyraženy dopadem urychlených elektronů v rentgence. Při přeskoku elektronů ze slupky L na slupku K, popř. ze slupky M na L, se rozdíl energií vyzařuje ve formě fotonů elektromagnetického záření charakteristického rentgenového záření.

5.4 Nastavení parametrů rentgenových zařízení

Pro optimalizaci rentgenové diagnostiky je potřeba nastavit vhodné parametry rentgenového záření.

V elektrickém obvodu rentgenky se podle potřeby regulují a nastavují dva základní parametry:

Anodové napětí

Anodové napětí určuje maximální i střední energii fotonů výsledného rentgenového záření, jeho "tvrdost" maximální energie v keV se prakticky rovná anodovému napětí v kV, střední energie je o něco vyšší než 1/3 max. energie. V praxi se anodové napětí pohybuje v širokém rozmezí od cca 20 kV do 200 kV.

Anodový proud

Anodový proud protékající rentgenkou určuje intenzitu rentgenového záření emitovaného rentgenkou. Lze jej regulovat změnou žhavení katody (žhavicího proudu) při vyšším žhavení vlákna katody je emitováno více elektronů, rentgenkou protéká vyšší proud a je vyzařována vyšší intenzita rentgenového záření. Proud rentgenkou se pohybuje v rozmezí jednotek mA až asi 100mA.

Je důležité zabývat se parametry rentgenového zařízení, jejich vlivem na kvalitu diagnostické informace, požadavky na jejich nastavení a také případně jejich kontrolu.

Velikost ohniska

Podle radiologické terminologie je tzv. optické ohnisko tvořeno kolmým průmětem elektronického ohniska do referenční roviny. Velikost ohniska je vyjádřena šířkou a délkou. Většina rentgenek má možnost volby dvou velikostí ohnisek, které se mění automaticky nebo manuálně, v závislosti na požadovaném výkonu. S dobou provozu dochází k postupnému zvětšování ohniska, které se projeví zhoršenou kvalitou zobrazení v důsledku geometrické neostrosti (snížené rozlišovací schopnosti), a dále ke snížení výtěžnosti záření. V důsledku toho se prodlužuje expoziční čas, což může vést k neostrosti obrazu způsobené pohybem orgánů.

Vymezení svazku rentgenového záření

Vymezení primárního svazku rentgenového záření na velikost objektu, který má být zobrazen, je jedním z nejdůležitějších sledovaných parametrů z hlediska radiační zátěže pacienta. Dodržování

této zásady vede nejen ke snížení celkové dávky pacientovi, ale zároveň k poklesu množství rozptýleného záření, které negativně ovlivňuje kvalitu obrazu. Vzhledem k tomu, že u většiny rentgenových vyšetření se velikost rentgenového pole vymezuje světelným polem, jsou stanovená přesná kritéria pro požadavek jejich shody. V současné době jsou veškeré požadavky na vymezení svazku rentgenového záření (funkce clon, velikost rentgenového pole, shoda rentgenového a světelného pole) shrnuty v ČSN EN 60601-1-3.

Vzdálenost ohnisko - povrch pacienta (kůže)

Hustota toku částic klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje ionizujícího záření. K získání správně exponovaného filmu musí být film ozářen určitou výstupní dávkou (tj. dávkou na straně pacienta, kde rentgenový svazek vychází z pacienta a dopadá na film). Jestliže se bude snižovat vzdálenost ohnisko kůže a výstupní dávka dopadající na film zůstane konstantní, bude dopadová dávka výrazně narůstat, zatímco střední dávka v těle se nebude příliš měnit. Pro radiační ochranu pacienta jsou stanoveny požadavky na minimální vzdálenosti ohnisko - pacient pro jednotlivé typy vyšetření.

Filtrace

Záření, které vychází z rentgenky, je zeslabováno vlastní filtrací (okénko krytu rentgenky, chladicí olej atd.), která je ekvivalentní 0,5 – 2 mm Al. Přídavné filtry se volí podle nastaveného napětí tak, aby byly splněny podmínky stanovené předpisy. Celková filtrace je dána vlastní a přídavnou filtrací.

Pro běžnou skiografii jsou přídavné filtry vyrobeny z hliníku, popř. mědi. Pro mamografická vyšetření se vyžaduje velmi měkké záření. Jako přídavný filtr se nejčastěji používá molybden, popř. rhodium.

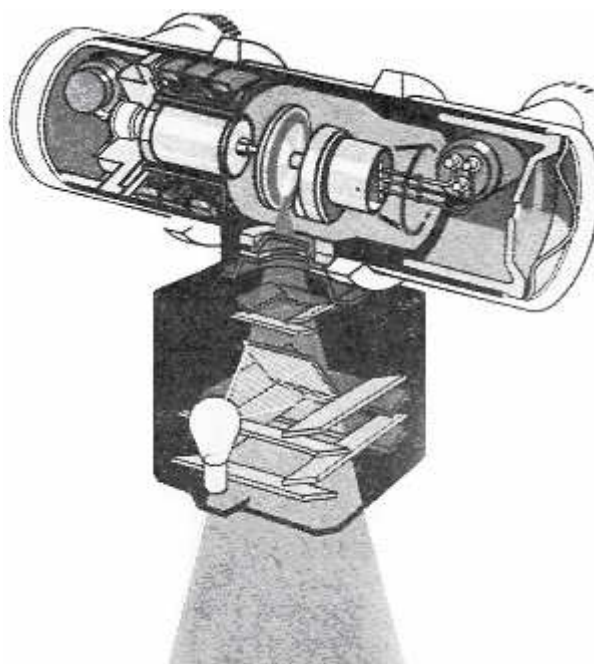
Filtry zeslabují nízkoeenergetickou složku spojitého rentgenového spektra, která by se jinak absorbovala v těle pacienta neúčelně, protože by nepřispěla k tvorbě zobrazení. Použitím filtrů se snižuje nejen hustota toku fotonů, ale svazek se stává pronikavější, vzrůstá střední energie fotonového spektra. Se stoupající filtrací významně klesá dávka na kůži, dávka v hloubce je již redukována méně.

Anodové napětí a celková filtrace ovlivňují kvalitu záření, která se udává v tzv. polotloušťce. Ta je definovaná jako ekvivalentní tloušťka hliníku, která zeslabí v podmínkách úzkého svazku rentgenového záření kermový příkon na jednu polovinu původní hodnoty.

Požadavky na celkovou filtraci jsou stanoveny v technických normách a to pro rentgenová zařízení se jmenovitým napětím do 70 kV včetně – minimálně 1,5 mm Al, od 70 – 80 kV včetně minimálně 2 mm Al, od 80 kV do 100 kV – minimálně 3 mm Al.

Primární clona (kolimátor)

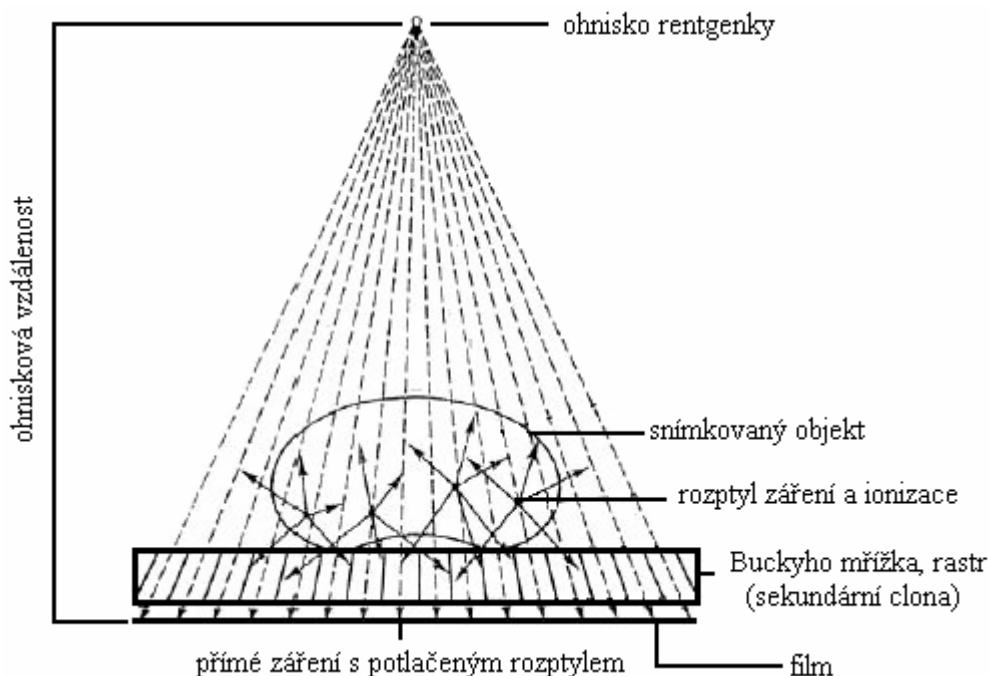
Je umístěna mezi ohniskem a objektem. Slouží k vymezení primárního svazku záření dle zobrazované anatomie (Obr.13), čímž se výrazně podílí na snížení objemu rentgenového záření prošlého vyšetřovaným objemem na minimum (jsou tedy nezbytnou součástí radiační ochrany jak vyšetřovaného, tak vyšetřujícího). Čím je nižší objem záření prošlý vyšetřovaným objemem, tím je menší množství sekundárního záření, čím je menší množství sekundárního záření, tím je lepší výsledný kontrast rentgenogramu. Používáme je jak při skiografii, tak při skiaskopii.



Obr.13 Schéma krytu rentgenky s otáčivou anodou a s primární clonou se světelným zaměřením

Sekundární clona (mřížka)

Rentgenové záření se při průchodu sledovaným objektem zeslabuje (fotoelektrický jev) a rozptyluje (Comptonův jev) vlivem interakce s tkání. S objemem prozařovaného objektu vzrůstá množství rozptýleného záření. Dopadá-li rozptýlené záření na receptor, dochází ke zhoršení ostrosti obrazu.



Obr.14 Konstrukce Buckyho mřížky

Sekundární clony (mřížky) absorbují rozptýlené záření, tím zvyšují ostrost a kontrast a tím i kvalitu zobrazení. Sekundární mřížky (Obr.14) se umísťují mezi objekt a receptor obrazu. Rozlišujeme mřížky sta-

cionární a pohyblivé. Podle konstrukčního uspořádání dělíme mřížky na paralelní a fokusované. Při správném nastavení a funkci sekundární clony nesmějí být na snímku viditelné její lamely ani v případě nejkratšího používaného expozičního času. Sekundární clony zlepšují kvalitu obrazu, dochází však ke zvýšení dávky pacientům.

Zesilující fólie

Zesilující fólie je umístěna v kazetě v přímém kontaktu s filmem. Zesilující účinek fólií spočívá v tom, že luminofor absorbuje velkou část rentgenového záření a současně emituje viditelné záření, úměrné původní absorbované energii. Na dostatečné zčernání filmu je zapotřebí menší výstupní dávka a tím se i dávka pacientům značně redukuje. V posledních letech došlo ke značnému snížení dávek pacientům právě používáním zesilujících fólií ze vzácných zemin. Citlivost fólií a schopnost jejich rozlišení spolu vzájemně souvisí. Zesilující účinek je dán typem luminoforu, tloušťkou jeho vrstvy, absorpcí nosiče a velikostí zrna. Všeobecně platí, že čím větší zesilující účinek, tím horší je rozlišení malých detailů.

Výběr vhodné kombinace film - fólie je vždy určitým kompromisem mezi minimální dávkou a maximální diagnostickou informací. Například při vyšetřování bederní páteře či břicha se doporučují fólie s vysokým zesilujícím účinkem (400 popř. 800), zatímco při snímkování hrudníku dětí se používají méně citlivé fólie s vysokou ostroží kresby. Velmi citlivé fólie se používají také tam, kde se vyšetřuje orgán v pohybu, což dovoluje exponovat krátkým časem.

Všeobecně se doporučuje pro většinu skiagrafičtých vyšetření zesilující fólie s citlivostí 400. Pro mamografii se používají zesilující fólie s citlivostí nižší, protože musí být dodržen požadavek vysokého rozlišení. Zásadním požadavkem při volbě správné kombinace film – fólie je, aby film byl citlivý na barvu světla emitovaného fólií. V praxi se používají zesilující fólie emitující buď zelené nebo modré světlo.

Zeslabení svazku rentgenového záření podpěrou pacienta

Zeslabení je způsobeno předměty, které se nacházejí mezi pacientem a receptorem. Obvykle to bývá podpěra pacienta, popř. sekundární mřížka (stacionární nebo pohyblivá). Absorpce záření musí být minimální a udává se jako ekvivalentní tloušťka hliníku, která zeslabí záření stejně jako daný materiál. Ekvivalenty zeslabení pro dané prvky ve svazku rentgenového záření jsou uvedeny v CSN EN 60601-1-3.

[2], [3], [5] [6], [11], [12]

6 Zkoušky technických parametrů rentgenového přístroje

Dle AZ a zákona 123/2000 Sb. o zdravotnických prostředcích v platném znění se na pracovištích používají radiodiagnostické soupravy, které splňují požadavky na zdravotnické prostředky a jaderné bezpečnosti (v oblasti radiační ochrany). Jejich technické parametry jsou v pravidelných intervalech testovány v souladu s technickými normami.

Cílem programu zajišťování kvality radiodiagnostických vyšetření je zlepšení kvality zobrazení a tím zvýšení obsahu diagnostické informace, snížení radiační zátěže pacientů a zdravotnického personálu a snížení nákladů na radiodiagnostická vyšetření. Součástí tohoto programu jsou i různé druhy zkoušek. S výjimkou typových zkoušek jsou to přejímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti. Na Obr.15 je znázorněn postup zkoušek radiodiagnostických zařízení.

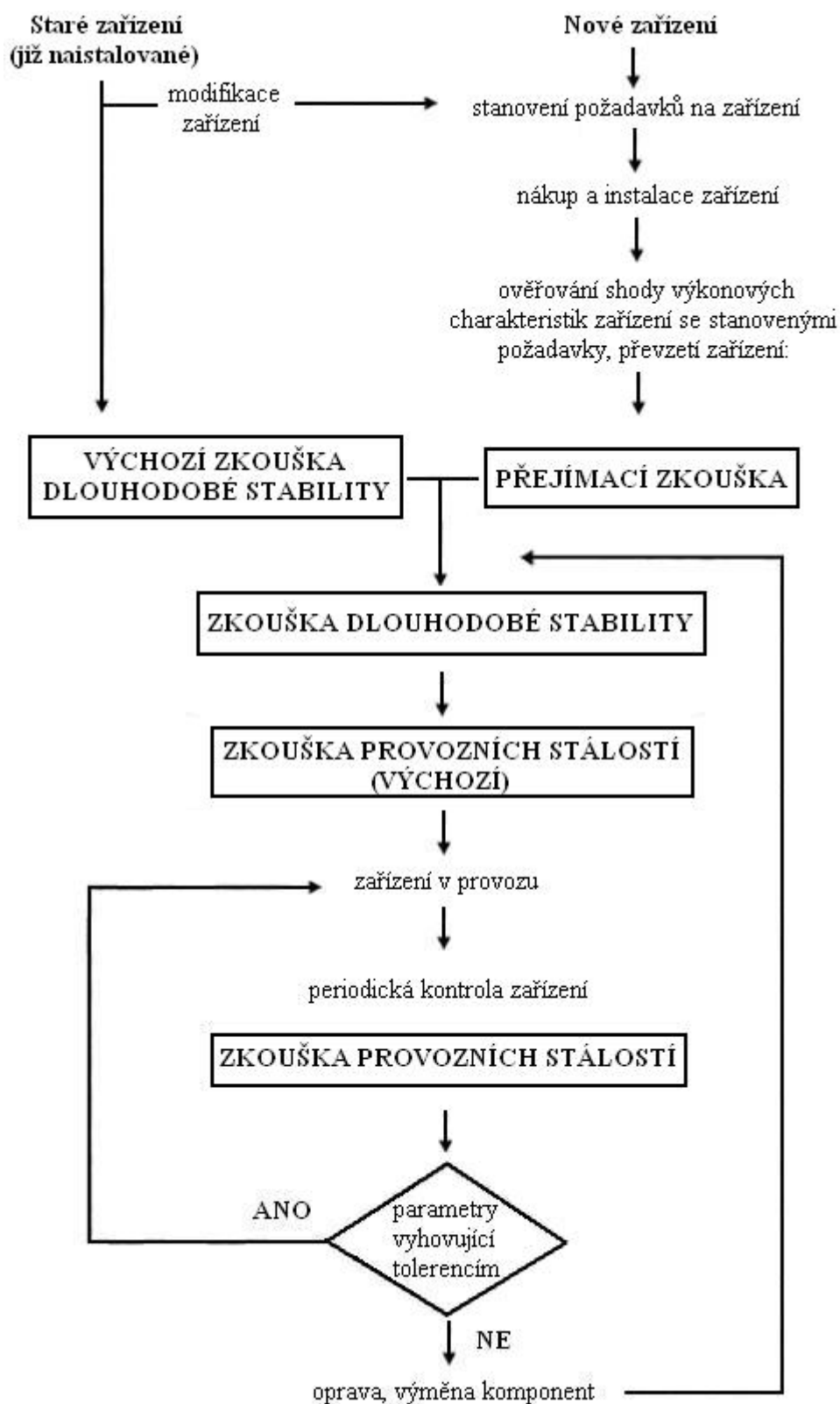
6.1 Typové zkoušky

Typové zkoušky jsou povinné u každého zařízení, které chce výrobce uvést na trh. Jejich cílem je ověřit, že vlastnosti zařízení odpovídají těm, které výrobce uvádí v technické dokumentaci, a že jsou ve shodě s platnými mezinárodně uznávanými normami. Typové zkoušky provádějí autorizované zkušebny. Předmětem těchto zkoušek je široké spektrum požadavků, včetně mechanické, elektrické a radiační bezpečnosti. Při ověřování výkonových charakteristik rentgenových zařízení se u typových zkoušek uplatňují invazivní metody měření. U všech dalších zkoušek uvedených níže se používají naopak neinvazivní metody měření a zkoušky se provádějí až po instalaci u uživatele zařízení.

6.2 Zkouška přejímací

Zkouška se provádí po instalaci nového rentgenového přístroje a nebo po jeho modifikaci. Rozsah zkoušky je největší a slouží k ověření kvality řídicích, ovládacích, bezpečnostních, signalizačních, indikačních, mechanických a zobrazovacích systémů, stanovených v rozhodnutí o typovém schválení. Ověřují se také provozní parametry, vlastnosti zařízení a dozimetrické veličiny, zda nevybočují pro očekávaný účel použití z mezi stanovených v průvodní technické dokumentaci od výrobce nebo v českých technických normách.

Přejímací zkoušky může provádět pouze osoba, která získala povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost pro tuto činnost, řídit a vykonávat je mohou pouze fyzické osoby se zvláštní odbornou způsobilostí. Při přejímací zkoušce držitel povolení, který zkoušku provádí, stanoví rozsah a četnost měření a ověřování vlastností ZIZ pro ZDS a ZPS. Držitel povolení musí doložit, že byla dosažena požadovaná kvalita zobrazovacího procesu (systémy kazeta fólie film, temná komora, negatoskopy a pod.). Zodpovědnost za řízení popsaného procesu má dodavatel nového ZIZ. Proces vykonává osoba nebo firma s právně platným povolením k dané činnosti a hodnocení provádí radiologický fyzik (OPO). Pro vydání povolení k používání rentgenového přístroje je nezbytný kladný výsledek přejímací zkoušky.



Obr.15 Posloupnost zkoušek radiodiagnostických zařízení

Rozsah přejímací zkoušky se bude lišit podle náročnosti zařízení a účelu, ke kterému je zařízení určeno. Minimální rozsah přejímacích zkoušek pro jednotlivé typy zařízení (skiografie a skiaskopie, klasická tomografie, mamografie, stomatologie, DSA, CT) je uveden v řadě norem ČSN EN 61223-3. Ze

základních parametrů uvedme alespoň přesnost a reprodukovatelnost anodového napětí, reprodukovatelnost výtěžnosti záření pro různá nastavení expoziční doby a anodového proudu, kvalitu svazku rentgenového záření, která ovlivňuje dávku pacientovi a kontrast zobrazení, přesnost vymezení pole záření, spolehlivost expozičního automatu, na které závisí střední optická hustota snímku, maximální kermový příkon na vstupu zesilovače obrazu skiaskopického zařízení. Povolené tolerance pro měřené parametry musí vzít v úvahu jejich dosažitelnost nejen u nových přístrojů, ale také u staršího vybavení. Proto tolerance uváděné v normách IEC jsou řádově dvakrát vyšší než tolerance uváděné v různých mezinárodních doporučeních nebo požadované při nákupu nového zařízení. Minimální požadavky na radiologická zařízení (včetně radioterapie a nukleární medicíny) jsou uvedeny v publikaci. Nepřesnost přístrojů, kterými se testy jednotlivých parametrů provádějí, a stejně tak nepřesnost metody měřícího postupu, nesmí být horší než jedna třetina povolené tolerance měřeného parametru.

Velmi důležitá je řádná dokumentace všech výsledků přejímací zkoušky, a to ze dvou důvodů. Jednak poskytuje objektivní zhodnocení, že je zařízení předáváno uživateli plně funkční a má optimální výkonnost. Jednak také výsledky této zkoušky tvoří základní standard pro porovnávání výsledků všech dalších zkoušek během provozu zařízení.

6.3 Zkouška dlouhodobé stability

Zkouška se provádí minimálně jednou za rok, dále při každém podezření na špatnou funkci přístroje nebo po opravě, která mohla ovlivnit některý parametr ověřovaný při zkoušce a kdykoliv výsledky zkoušek provozní stálosti signalizují vybočení provozních parametrů z mezí stanovených v českých technických normách nebo v technické dokumentaci od výrobce, pokud právní předpis nestanoví jinak. Rozsah zkoušky stanoví držitel povolení provádějící přejímací zkoušku nebo první zkoušku dlouhodobé stability. Zkouška se provádí dodavatelským způsobem firmou mající povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost k provádění zkoušek dlouhodobé stability. Odpovídající rozsah zkoušky dlouhodobé stability je stanoven v protokolu o přejímací zkoušce rentgenového zařízení. Pokud u zařízení nebyla provedena přejímací zkouška, musí být provedena tzv. výchozí zkouška dlouhodobé stability. Provádí se v rozsahu přejímací zkoušky.

Je třeba zdůraznit, že příznivé výsledky přejímací zkoušky nebo zkoušky dlouhodobé stability ještě nezaručují bezchybný chod rentgenového pracoviště a úroveň jeho diagnostických výkonů, stejně jako nízkou radiační zátěž pacientů. Mohou mít za určitých okolností dokonce větší význam pro výrobce nebo servis, než pro vlastního uživatele. Tyto zkoušky se zaměřují na výkonnost některých parametrů rentgenového zařízení, ale nehodnotí již receptor obrazu, diagnostickou kvalitu snímků, podmínky čtení rentgenového obrazu, nemluvě o způsobu používání zařízení a kvalitě práce a znalostech těch, kteří zařízení využívají. Proto také splnění požadavků zkoušky dlouhodobé stability nemůže být samo o sobě zárukou správnosti výsledku radiodiagnostických vyšetření, jak dokresluje dále uvedené údaje. Dlouhodobé analýzy příčin opakování snímků na rentgenových pracovištích v řadě zemí vedou ke srovnatelným výsledkům. Asi polovina připadá na podexponované nebo preexponované snímky, okolo 20 % na špatné umístění pacienta nebo špatnou centraci, méně než 10 % na pohybovou neostrost a jen necelých 5 % má příčinu v chybné funkci nebo poruše zařízení; zbytek se rozdělí mezi několik jen málo zastoupených příčin. Současné americké odhady uvádějí, že okolo 30 % diagnóz je chybných. Ze značné části se na této skutečnosti podílejí špatné podmínky čtení filmů. I když diagnostická informace je na snímku přítomna, lékař, resp. jeho oko není schopné ji zaznamenat a vyhodnotit.

6.4 Zkouška provozní stálosti

Minimální rozsah ZPS je uveden v řadě norem ČSN IEC 1223-2. Týkají se již nejen vlastního rentgenového zařízení, ale i dalších částí zobrazovacího řetězce, receptoru obrazu (kazet a zesilujících fólií), vyvolávacího procesu, podmínek čtení filmů.

Zkoušky provozní stálosti mají charakter relativních měření. Používají jednoduchých a snadných, časově nenáročných postupů. Provádějí se rutinně v relativně krátkých časových intervalech, a také kdykoliv dojde během denní služby k podezření na špatnou funkci některého z článků zobrazovacího řetězce. Tyto zkoušky obvykle provádí pověřený pracovník rentgenového oddělení.

Na pracovištích se používají jen zdroje ionizujícího záření, které byly pro užívání na území České republiky typově schváleny a jejichž technické parametry jsou v pravidelných intervalech testovány na soulad s technickými normami při zkouškách dlouhodobé stability a zkouškách provozní stálosti. Jednotlivé parametry zdrojů se dále kontrolují při zkouškách provozní stálosti. Zkoušky provozní stálosti zajišťuje držitel povolení a provádí je vybraní pracovníci s odpovídajícími znalostmi a zkušenostmi. ZPS nebo jejich části (vybrané testy) lze u malých pracovišť realizovat dodavatelsky osobou, která je odpovídajícím způsobem k této činnosti vybavena. Pracoviště s více rentgenovými přístroji by však měla být pro provádění zkoušek již odpovídajícím způsobem vybavena a zkoušky by měla zajistit vlastními odborně připravenými pracovníky.

Rozsah zkoušek je stanoven při přijímací zkoušce nebo výrobcem. Zkouška provozní stálosti se má provádět v pravidelných intervalech a rovněž vždy bezprostředně po preventivní nebo nápravné údržbě. Provádí se také při podezření na chybnou funkci přístroje.

6.4.1 Vizuální a funkční zkoušky

Součástí zkoušek provozní stálosti jsou také vizuální a funkční zkoušky, které jsou prováděny každodenně obsluhou přístroje za účelem vizuálního a poslechového posouzení standardního uvedení do provozu a funkce konkrétního rentgenového přístroje.

Vizuální kontrola: obsluha sleduje funkci ovládacích a indikačních prvků podle návodu k použití, zejména funkce světelné signalizace stavu zatěžování (expozice). V případě, že zařízení provádí po zapnutí vlastní testy, je povinností obsluhy při této zkoušce sledovat na příslušných indikátorech nebo displejích průběžné výsledky těchto testů.

Poslechová kontrola: zahrnuje především kontrolu rotace anody rentgenky, při které se sleduje hlučnost a eventuálně doba doběhu. Kontrola dále obsahuje zjišťování přítomnosti netypických zvukových projevů dalších pohyblivých součástí rentgenového zařízení.

Kontrola akustických a světelných návěstí, při kterých jde především o správnou signalizaci zářiče ve stavu zatěžování, překročení stanovených omezení, signalizaci chybových stavů a chyby obsluhy.

Kontrola funkčnosti havarijních „Emergency Stop“ tlačítek a nejdůležitějších ovládacích prvků. Provádí obsluha před zahájením klinického provozu.

Požadavky: bezchybná funkce ovládacích a indikačních prvků, zařízení musí být zajištěna v plném rozsahu.

6.4.2 Výchozí zkouška provozní stálosti

VZPS je zkouškou provozní stálosti, při které se stanovují referenční hodnoty pro následné ZPS. Provádí se bezprostředně po PZ a po každé ZDS, dále pak po každé opravě, rekonfiguraci nebo jiném zásahu, které mohou ovlivnit zkoušenou vlastnost nebo parametr.

Výsledek výchozí zkoušky slouží jako standard pro všechny další zkoušky provozní stálosti, které mají prokázat, že měřené parametry se trvale pohybují ve stanovených tolerancích. Zkoušky rentgenového zařízení mohou být prováděny buď jako systémové - použitím standardních fantomů exponovaných za reprodukovatelných podmínek, nebo měřením jednotlivých parametrů zařízení. Obvyklejší a rychlejší je první přístup. Fantomy musí obsahovat prvky, které vypovídají o přenosu kontrastu, rozlišení při vysokém kontrastu, prostorovém rozlišení (rozlišení malých objektů s nízkým kontrastem), geometrii pole. Frekvence těchto zkoušek závisí na pracovním zatížení zařízení, nemůže být však delší než jednou za měsíc (v mamografii jednou za týden). Zkouška se provádí také, kdykoliv se vyskytne podezření na chybnou funkci zařízení. Výsledky musí být pečlivě dokumentovány.

6.4.3 Následné zkoušky provozní stálosti

Následné ZPS (periodické) se provádějí v rozsahu a s obsahem stejným jako u VZPS. Při každém testu zkoušky provozní stálosti se musí nastavovat takové parametry a dodržovat geometrické i jiné podmínky, které jsou specifikované ve výchozí zkoušce provozní stálosti. Výsledky každého testu se porovnávají s referenčními hodnotami, stanovenými při výchozí zkoušce provozní stálosti.

6.4.4 Referenční hodnoty

Referenční hodnoty se stanovují jako střední hodnoty výsledků jednotlivých testů v rámci výchozí zkoušky provozní stálosti.

6.4.5 Četnost zkoušek provozní stálosti

Není-li výrobcem přístroje stanoveno jinak, je doporučeno provádět ZPS s četností dle doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Záznamy referenčních hodnot musí být uchovávány nejméně do té doby, než jsou stanovené nové referenční hodnoty.

Denně se provádí vizuální kontrola stavu kazet a fólií, nejméně jednou do měsíce se fólie čistí podle pokynů výrobce. Ročně musí být testován kontakt mezi fólií a filmem a ověřována relativní citlivost fólií. V mamografii jsou tyto intervaly opět kratší. Klíčovým bodem pro filmovou rentgenografii je vyvolávací proces. Rychlost a teplota vyvolávání musí být optimalizovány vzhledem k senzimetrickým vlastnostem používaných filmových materiálů. Vyvolávací automaty musí být udržovány v čistotě a kontrolovány ve shodě s pokyny výrobce. Denně (v pravidelném provozu) se musí provádět senzimetrická kontrola vyvolávacího procesu. Zkušenosti ukazují, že pokud je frekvence kontrol méně častá, ztrácí prakticky význam. Do kontrolních grafů se zaznamenávají spolu s teplotou vývojky základní parametry senzimetrické křivky, minimální optická hustota, index citlivosti a index kontrastu, na mamografických pracovištích ještě maximální optická hustota, případně střední gradient. Pravidelně se kontrolují podmínky čtení filmů. Nejpozději jednou do roka je třeba provést měření jasu a homogenity jasu negatoskopů.

Aby všechny výše uvedené zkoušky nebyly samoučelné, musí mít program jakosti v každém zdravotnickém zařízení odpovídající organizační rámec, který zajistí, že problémy dotýkající se jak

kvality zobrazení, tak i radiační zátěže pacientů a personálu nebudou pouze zjišťovány, ale také řešeny. Je nezbytné, aby všechna měření prováděl vysoce kvalifikovaný a zacvičený personál, podle efektivního harmonogramu, aby výsledky měření byly správně analyzovány a interpretovány, a kde je to nezbytné, aby byla učiněna vhodná nápravná opatření. Ekonomické aspekty zavedení programu jakosti jsou také důležité. Nákup fantomů, měřících přístrojů, spotřebního materiálu, pracovní doba personálu pro měření a hodnocení výsledků, to vše musí být vyváжено efektivnějším využitím zařízení, prodloužením jeho životnosti, snížením radiační zátěže pacientů i personálu, snížením nákladů na spotřební materiál, zejména rentgenové filmy a chemikálie. Aby byl přínos průkazný, doporučuje se před každým zavedením programu jakosti provést na pracovišti měření dávek pacientům, alespoň při nejčastějších typech rentgenových vyšetření, a analýzu počtu opakovaných snímků. Tato šetření se musí potom zopakovat v průběhu nebo po zavedení programu.

6.4.6 Překročení tolerancí a nápravná opatření

1. Indikují-li výsledky, že přístroj nepracuje podle specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií, ověří se vlastnosti zkušebních přístrojů a výsledek se potvrdí opakováním zkoušky, dříve než se zahájí další činnost.
2. Potvrdí-li výsledek opakované zkoušky, že rentgenový přístroj nepracuje podle specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií, lze provést jedno nebo více z následujících opatření:
 - a) provede se opatření stanovené v programu zabezpečení jakosti pro řešení neshod,
 - b) informuje se (dohlížející osoba, osoba s přímou odpovědností...),
 - c) informuje se osoba používající přístroj k určené činnosti (rentgenový asistent, lékař).
3. Indikují-li výsledky zkoušky mezní poruchu funkce podle specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií:
 - a) vyčká se výsledku příští zkoušky dlouhodobé stability, avšak současně se pečlivě sleduje kvalita produkovaných klinických snímků;
 - b) zvýší se četnost zkoušek neshodného parametru;
 - c) nevyhovující zkouška provozní stálosti se zaznamená jako položka vyžadující pozornost při příští pravidelné údržbě.
4. Pokud se vyskytly poruchy funkce přístroje z hlediska stanovených kritérií zkoušky stálosti již dříve, má personál (osoba zodpovědná za zajištění radiační ochrany na příslušném pracovišti a osoba používající přístroj k určené činnosti) zvážit provedení zkoušky dlouhodobé stability spolu se zmírněním použitých kritérií, s omezením používání zkoušeného přístroje z hlediska kategorie radiologické aplikace, s uvedením přístroje na seznam přístrojů vyžadujících náhradu.
5. Jsou-li výsledky zkoušky z hlediska specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií zásadně nevyhovující, provede se zkouška dlouhodobé stability a její výsledky se oznámí personálu (osoba zodpovědná za zajištění radiační ochrany na příslušném pracovišti a osoba používající přístroj k určené činnosti), zváží se rozsah, v němž je péče o přístroj přiměřená a nebo má být okamžitě zlepšena a učiní se rozhodnutí, zda se ukončí další klinické používání přístroje nebo provede opatření podle bodu 4.
6. Rozhodnutí o opatřeních se řídí Programem zabezpečování jakosti a standartními vnitřními předpisy FNO.

6.5 Řešení neshod při zkouškách

Pokud výsledky zkoušek provozní stálosti nebo dlouhodobé stability nejsou ve shodě s požadavky, musí být sjednána náprava ve spolupráci se společností, která provádí servisní služby. Servisní práce se provádí v souladu s platným standartním operačním postupem FNO. V případě, že se ani zásahem servisu nepodaří uvést parametry přístroje do požadovaných tolerancí, rozhodne ředitel FN Ostrava (statutární zástupce) na návrh dohlížejí osoby o tom, zda bude přístroj se ZIZ používaný na RDGÚ provozován s omezením nebo zda bude vyřazen z klinického provozu. Při rozhodování o případném provozování nebo vyřazení přístroje se ZIZ se rozhoduje tak, aby v žádném případě nedošlo ke zhoršení radiační ochrany pacientů a pracovníků. O řešení neshody se provede záznam do technické dokumentace přístroje zdravotnické techniky podle schváleného operačního postupu na RDGÚ.

6.6 Testovací pomůcky a zkušební zařízení ZPS

Ke zkouškám rentgenových přístrojů se používají pouze měřicí zařízení a pomůcky, u kterých je prováděna pravidelná údržba podle instrukcí uvedených v návodu k obsluze daného zařízení. Tato zařízení (např. dozimetry jsou používány pro stanovení absorbované dávky v referenčním bodě i pro měření rozptýleného záření, aj.) jsou podle zákona č.505/1990 Sb. v platném znění pravidelně ověřována a kalibrována.

V textu jsou uvedeny všechny pomůcky, které se mohou používat při ZPS, ovšem pro zkoušky uvedené v programu ZPS se používají tyto pomůcky: dozimetr, zeslabující fantom, testovací deska s osami, délkové měřítko a zkušební kazeta (kazety).

Testovací pomůcka je specifická struktura jednoho nebo více materiálů určených pro zkoušky, vyžadující rentgenový obraz. Testovací pomůcka se umísťuje do svazku záření k získání tohoto obrazu.

- **Dozimetr** s přesností do $\pm 5\%$
Dozimetr je zkušební zařízení, které slouží k měření dávek ionizujícího záření.
- **Senzitometr** s přesností světelného výstupu do $\pm 2\%$
Senzitometr je fotometrický přístroj k určování citlivosti fotografického materiálu.
- **Denzitometr** s přesností do $\pm 0,02\%$
Denzitometr je fotometrický přístroj k měření optické hustoty prostupných (transparentních materiálů (např. filmů)) a neprostupných (odrazných) materiálů.
- **Teploměr s kovovým dříkem nebo digitální teploměr** s přesností do $\pm 0,1^\circ\text{C}$
- **Měřič jasu** – candelametr s měřícím rozsahem od $0,1 \text{ cd/m}^2$ do 5000 cd/m^2
- **Měřič intenzity osvětlení** – luxmetr s měřícím rozsahem od $0,1 \text{ lx}$ do 400 lx
- **Zeslabující fantom** – lze použít jednu z následujících tří možností: náhrada pacienta – materiál

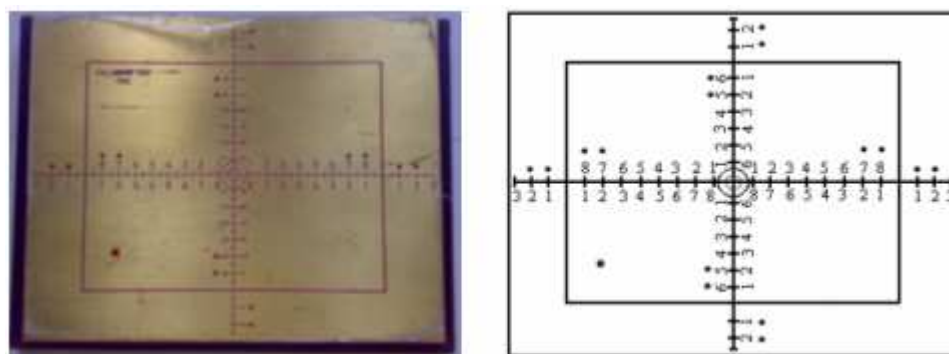
ekvivalentní tkáni (PMMA vrstva, vodní fantom) k odpovídajícímu zvýšení tvrdosti svazku rentgenového záření v kombinaci s další zkušební pomůckou (Cu vrstvou tloušťky 1 – 1,5 mm) k odpovídajícímu zeslabení a zvýšení tvrdosti svazku při testování AE nebo AERC (Cu, Al, PMMA vrstva a jejich kombinace). Volba fantomu pro jednotlivé testy má být určena praktičností použití a s ohledem na maximální přiblížení se reálné situaci.

- **Zkušební pomůcka pro označení filmu** – používá se k identifikaci specifických měřících bodů na snímku, při testu kolísání optické hustoty ve snímku. Pomůcku lze vyrobit k označení měřících bodů při expozici filmu (stabilizací kovových kružnic na vhodné podložce) nebo k vymezení měřících bodů na již vyvolaném filmu (kartón s otvory).
- **Vysokokontrastní zkušební pomůcka** (Obr.16) – s použitím pro přímou i nepřímou skiografii a nepřímou skiaskopii s rozsahem prostorových kmitočtů od 0,5 do alespoň 5 lp/mm.



Obr.16 Příklad vysokokontrastní zkušební pomůcky

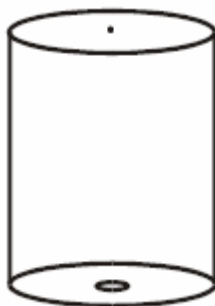
- **Pomůcka pro testování souhlasu radiačního pole se světelným polem** – deska s vyznačenými osami se stupnicí po jednom cm a s rohovými značkami v obdélníku (Obr.17); testovací pomůcka musí mít rozlišení pravé, levé, horní a dolní poloviny s vyznačenými osami a značkami z materiálu absorbujícího rentgenové záření (gravírovaná PMMA deska, plošný spoj apod.).



Obr.17 Pomůcka pro testování radiačního pole se světelným

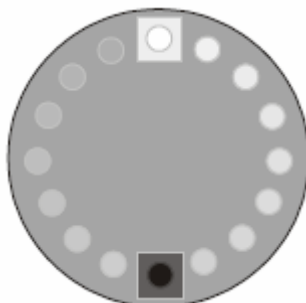
- **Pomůcka pro testování kolmosti osy zobrazení:** např. plastový válec s kovovou kuličkou ve středu horní podstavky a s vyznačeným kruhem ve středu dolní podstavky (vyznačení musí být z materiálu absorbujícího rentgenové záření) (Obr.18). Výška válce $h = \text{cca } 15 \text{ cm}$. Průměr kruhu

je 0,05 h. Kruh musí být z materiálu absorbujícího rentgenové záření. Alternativně lze použít pomůcku: válec s olovněnou kuličkou v horní základně. Existují však další možnosti, které uživatel zvolí dle konkrétních podmínek.



Obr.18 Plastový válec s vyznačenou kuličkou ve středu horní podstavy

- **Délkové měřítko 2 m** – např. svinovací metr
- **Lupa** – se zvětšením 5 až 10
- **Zkušební skiagrafická kazeta** – 18x24cm nebo 24x30cm. Pro některé testy je výhodnější použít bezfóliových PVC kazet se zipem.
- **Pravítko** – 30 cm až 40 cm
- **Stopky** – popř. hodinky s vteřinovou ručičkou
- **Nízkokontrastní zkušební pomůcka** (Obr.19) – obsahuje kotouče ze zeslabujícího materiálu o průměru nejméně 1 cm. Tato pomůcka musí být konstruována tak, aby při použití rentgenového svazku (s tvrdostí zvýšenou zeslabujícím fantomem) její kotouče vytvářely pro rentgenové záření kontrast měnící se od 1 % do 20 %, v krocích podobných následujícím: 0,5%, 1,0%, 1,4%, 1,8%, 2,3%, 2,7%, 3,3%, 3,9%, 4,5%, 5,5%, 6,6%, 7,6%, 8,6%, 10,8%, 12,3 %, 14,5 %, 16,0 %, 18,0 %, 20,0 %.



Obr.19 Příklad nízkokontrastní zkušební pomůcky

Poznámka: všechny z nich nelze měřit na tomtéž filmu současně, ale zkušební pomůcka má být konstruována tak, aby tyto hodnoty při jakostech záření používaných v klinické praxi teoreticky poskytovala.

- **Zkušební pomůcka stupnice šedi** – obsahuje dva kusy zeslabujícího materiálu, z nichž každý vytváří obraz kotouče o průměru nejméně 1 cm ve čtverci o rozměrech nejméně 2 cm x 2 cm. Je-li zkušební pomůcka stupnice šedi vložena do svazku rentgenového záření, jehož tvrdost byla zvýšena zeslabujícím fantomem, produkují tyto dva objekty dva stupně kontrastu po 5 %, tzn. že rentgenové obrazy těchto dvou objektů se pak mají na obrazovém displeji jevit jako světlý kruh (přenos 95%) obklopený ještě světlejším pozadím (přenos 100%); a tmavý kruh (přenos 5%) obklopený ještě tmavším pozadím (přenos 0%).
Poznámka: dle použité zkušební pomůcky může být alternativou kruhu čtverec. Další alternativou může být opačně zvolený přenos – kruh (čtverec) 100% a pozadí 95% nebo kruh (čtverec) 0% a pozadí 5%.
Zkušební pomůcka stupnice šedi obsahuje nejméně dvě kruhové značky z materiálu absorbujícího záření, které budou na snímku identifikovat specifické body, kde má být provedeno měření optické hustoty.
- **Skiagrafický fantom** – dle typu se používá k provádění některých testů a pro operativní posouzení stavu rentgenového zařízení. Jde o zkušební pomůcku k realizaci zkoušek provozní stálosti nepovinnou, avšak doporučenou. Výběru typu této pomůcky je nutné věnovat maximální pozornost s ohledem na její použitelnost k provedení maximálního počtu testů.
- **Fantom pro konvenční tomografii** – se používá k testování tomografických rentgenových tomografických režimů činností u víceúčelových rentgenových zařízení. Pomocí těchto fantomů se zpravidla určuje poloha roviny řezu, tloušťka řezu, rozlišení v rovině řezu, homogenita expozice během kyvu a dráha svazku.
Poznámka: k testování parametrů konvenční tomografie existuje rovněž řada možných komerčních i svépomocně vyrobených pomůcek. Jejich volbu a konkrétní metodiku použití si volí uživatelé na základě konkrétních podmínek.
- **Mřížka pro kontrolu kontaktu mezi zesilující fólií a filmem (určená pro skiografii)** – kovová drátěná mřížka takových rozměrů, aby pokryla i největší formát kazety na pracovišti používaný. Struktura mřížky má být čtvercového formátu. Materiál, ze kterého je mřížka vyrobena má mít atomové číslo alespoň 26, což odpovídá např. Cu nebo Zn. Průměr drátu mřížky má být přibližně 0,5 mm a vzdálenost mezi středy sousedních drátů se má přibližně rovnat šesti jeho průměrům. Mřížka by neměla obsahovat žádná „hluchá místa“ (otvory k měření optické hustoty). Obsahuje-li mřížka tato „hluchá místa“, je nutné každou kazetu testovat dvakrát vždy s posunem „hluchého místa“.

K realizaci testů lze použít i jiné testovací přípravky a pomůcky. Musí však odpovídat požadavkům, které jsou dány zpravidla uvedenými českými normami.

[4], [11]

7 Zkoušky provozní stálosti ve FNO

Předpokladem k dodržení principu optimalizace radiační ochrany při rentgenování je kvalitní přístrojová technika, jejíž technické parametry se ověřují zkouškami tak, aby byla zajištěna co nejmenší radiační zátěž u pacientů a obsluhy. Zavedení metodik testování rentgenových souprav a jejich důsledné kontroly vede ke snížení radiační zátěže jak u pacienta, tak u personálu.

7.1 Doporučené parametry expozice a uspořádání v zobrazovaném poli

Zkoušky provozní stálosti se provádějí se zatěžovacími faktory (pro lepší srozumitelnost budeme hovořit o expozičních parametrech). Všechna zkoušená zařízení, zkušební přístroje a pomůcky včetně jejich vzájemného geometrického uspořádání jsou při výchozí zkoušce provozní stálosti identifikovány a zaznamenány, aby při dalších zkouškách provozní stálosti byly použity tytéž parametry a geometrie. Pokud výrobce pomůcky doporučuje v průvodní dokumentaci specifické metody a četnosti zkoušek, pak se má přednostně postupovat podle nich. Při zkouškách provozní stálosti těchto zařízení se obvykle používá anodové napětí rentgenky v rozsahu 70 až 80 kV a elektrické množství se volí tak, aby optická hustota v referenčním bodě na snímku odpovídala požadavkům stanoveným pro jednotlivé testy. Při manuálním nastavení se nastavují stále stejné parametry. Při režimu s automatickým řízením expozice se vyhledají odpovídající nastavení stupně zčernání pro použitou zkušební kazetu a dále užívat stále stejné nastavení. Je třeba se přesvědčit, že po opakovaném umístění pomůcek vzhledem k senzorům AEC se expoziční parametry nemění.

Vzdálenost ohnisko receptor obrazu (resp. ohnisko deska stolu) se zpravidla volí 100 cm. Pokud nelze tuto vzdálenost nastavit, nastaví se jiná, ale pro daný test vždy stejná vzdálenost. Rovněž se ověří kolmost zaměření centrálního svazku vůči povrchu stolu. Je nezbytné zabezpečit, aby podmínky při provádění jakéhokoli testu zkoušky provozní stálosti byly stejné jako při výchozí zkoušce provozní stálosti, tj. aby proud rentgenky, expoziční doba, korekce tloušťky pacienta, kombinace film fólie, přídavná filtrace, zvolený senzor AEC, ohnisko, geometrické uspořádání, poloha a umístění jednotlivých testovacích pomůcek byly shodné jako při výchozí zkoušce provozní stálosti.

7.2 Vybrané metodiky programu kontinuálního sledování hodnot

V programu se zabýváme vybranými testy, které jsou důležité pro sledování technických parametrů rentgenových přístrojů z hlediska chybné funkce přístroje a upozorní na případné kolísání parametrů. Tyto testy byly vybrány na základě požadavků Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny práce.

Kontrola kvality představuje metody testování a její řízení naznačuje, že testování se provádí, vyhodnocuje a na základě výsledků se uskuteční nápravná opatření.

V programu kontinuálního sledování hodnot parametrů je důležitý výběr modulu a typu zkoušky, proto zde uvádím popis konkrétního postupu testování pro měsíční zkoušky na skiagraficko-skiaskopických pracovištích.

Na základě postupu testování uvedeného v dokumentu SÚJB Radiační ochrana – Doporučení, volby parametrů při těchto testech (např.: ohnisková vzdálenost, anodové napětí) a změřených parametrech (např.: kerma, elektrické množství), jsem vytvořila formuláře pro zápis hodnot parametrů.

Vybrané testy provozní stálosti uvedené v programu kontinuálního sledování hodnot jsou rozděleny do modulů.

VÝBĚR MODULU

Modul skiografie bez AEC

1. Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření
2. Vstup záření do plochy receptoru obrazu
3. Souhlas radiačního pole se světelným polem
4. Souhlas radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu

Modul skiografie s AEC

1. Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření
2. Vstup záření do plochy receptoru obrazu
3. Souhlas radiačního pole se světelným polem
4. Souhlas radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu

Modul skiaskopie

1. Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření

Poté, co si uživatel zvolí z možností pro výběr modulu, je nutné, aby si zvolil typ dané zkoušky.

VÝBĚR TYPU ZKOUŠKY

- Měsíční
- Referenční

7.3 Vybrané testy pro modul skiografie

Testování radiodiagnostických zařízení je možné provádět buď v manuálním a nebo v automatickém režimu.

7.3.1 Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření

Tímto testem se měsíčně ověřuje stálost výstupu záření tj. nepřímo:stabilita napětí a proudu rentgenky, stabilita expozičního času v manuálním režimu a stabilita funkce AEC.

Výstup záření se stanoví jako kerma ve vzduchu vztažená k elektrickému množství.

Základní metodou provedení testu je metoda dozimetrická.

Pokud není rentgenové zařízení vybaveno expoziční automatikou, provádí se test výstupu záření v manuálním režimu. Zeslabující fantom se v tomto případě nepoužívá.

Pomůcky:

- dozimetr
- délkové měřítko 2 m
- skiagrafická kazeta (bez filmu) pro případ, kdy nelze exponovat bez vložené kazety

Postup:

1. Na ovladači rentgenového přístroje se zvolí skiagrafický pracovní režim umožňující obvyklou skiagrafickou expozici.
2. Vzdálenost ohnisko – receptor obrazu se nastaví na 100 cm, případně jinou, není-li uvedené nastavení možné.
3. V případě AEC se přepne do režimu AEC a zvolí se střední senzor AEC. AEC se nastaví na hodnotu zčernání filmu používanou v klinické praxi.
4. Zvolí se velké ohnisko.
5. Anodové napětí se nastaví na hodnotu 70 kV. Elektrické množství Q [mAs] se nastaví na hodnotu obvykle používanou v klinické praxi pro zvolené anodové napětí (dle expoziční tabulky).
6. Pokud je to pro provedení expozice nutné, pak se vloží do držáku kazet prázdná skiagrafická kazeta.
7. Geometrické uspořádání: rentgenka, primární clona, dozimetr, zeslabující fantom.
8. Pod primární clonu se vhodným způsobem umístí a zafixuje detektor dozimetru. Poloha detektoru dozimetru musí být vždy stejná při každé zkoušce provozní stálosti. V případě AEC se detektor dozimetru umístí mezi primární clonu a zeslabující fantom tak, aby svou plochou nezakrýval střední senzor AEC. Při výstupu záření musí být detektor umístěn pod zeslabujícím fantomem.
9. Nastavením clon se zabezpečí, aby radiační pole pokrývalo měřicí soustavu a bylo při všech zkouškách provozní stálosti vždy stejné.
10. Proveďte se expozice.
11. Zaznamenaná se změřená hodnota kermy ve vzduchu a hodnota elektrického množství Q [mAs] indikovaná přístrojem po expozici.
12. Proveďte se zápis do programu kontinuálního sledování hodnot parametrů v počítači.

Vyhodnocení:

Změřená hodnota kermy ve vzduchu [mGy] se vydělí odečtenou hodnotou elektrického množství [mAs].

Požadavky:

- manuální režim: výstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot
- režim AEC: výstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot

7.3.2 Vstup záření do plochy receptoru obrazu

Tímto testem se ověřuje téměř totéž co u testu pro Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření, navíc se ověřuje kvalita vyvolávacího procesu.

Pomůcky:

- dozimetr
- zeslabující fantom

- délkové měřítko 2 m
- skiagrafická kazeta

Postup:

1. Na ovladači rentgenového přístroje se zvolí skiagrafický pracovní režim umožňující obvyklou skiagrafickou expozici.
2. Vzdálenost ohnisko – receptor obrazu se nastaví na 100 cm, případně jinou, není-li uvedené nastavení možné.
3. V případě AEC se přepne do režimu AEC a zvolí se střední senzor AEC. AEC se nastaví na hodnotu zčernání filmu používanou v klinické praxi.
4. Zvolí se velké ohnisko.
5. Anodové napětí se nastaví na hodnotu 70 kV. Elektrické množství Q [mAs] se nastaví na hodnotu obvykle používanou v klinické praxi pro zvolené anodové napětí.
6. Pokud je to pro provedení expozice nutné, pak se vloží do držáku kazet prázdná skiagrafická kazeta.
7. Geometrické uspořádání: rentgenka, primární clona, zeslabující fantom, dozimetr.
8. Pod primární clonu se vhodným způsobem umístí a zafixuje detektor dozimetru. Poloha detektoru dozimetru musí být vždy stejná při každé zkoušce provozní stálosti. V případě AEC se detektor dozimetru umístí mezi primární clonu a zeslabující fantom tak, aby svou plochou nezakrýval střední senzor AEC. Při vstupu záření musí být dozimetr umístěn nad zeslabujícím fantomem.
9. Nastavením clon se zabezpečí, aby radiační pole pokrývalo měřicí soustavu a bylo při všech zkouškách provozní stálosti vždy stejné.
10. Provede se expozice.
11. Zaznamenaná se změřená hodnota kermu ve vzduchu a hodnota elektrického množství Q [mAs] indikovaná přístrojem po expozici.
12. Provede se zápis do programu kontinuálního sledování hodnot parametrů v počítači.

Vyhodnocení:

Změřená hodnota kermu ve vzduchu [mGy] se vydělí odečtenou hodnotou elektrického množství [mAs].

Požadavky:

- manuální režim: vstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot
- režim AEC: vstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot
-

7.3.3 Souhlas radiačního pole se světelným polem

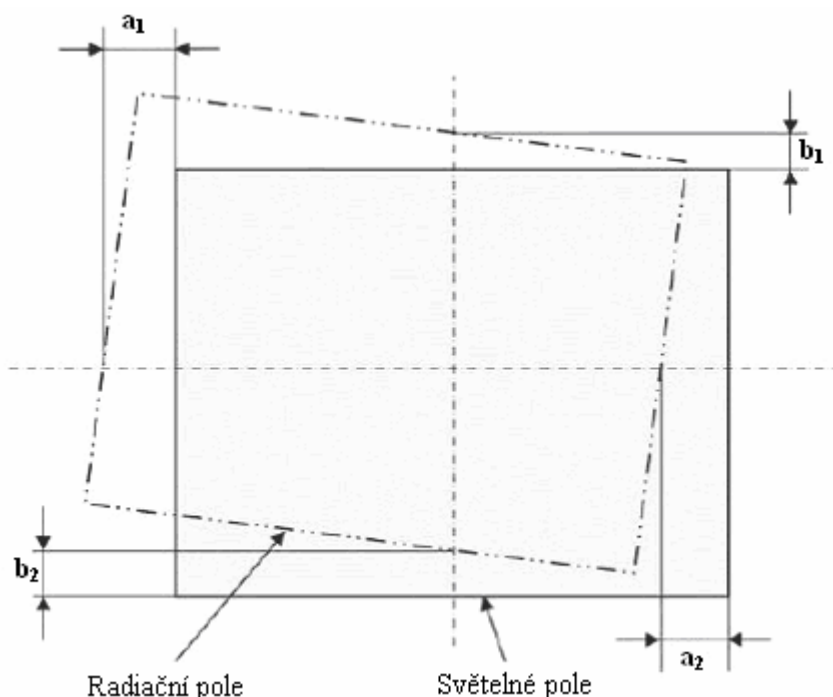
Při tomto testu se kontroluje nesoulad radiačního pole se světelným, přičemž součet odchylek nesmí přesáhnout 2% ze vzdálenosti ohnisko – film.

Pomůcky:

- zkušební deska
- délkové měřítko 3 m
- zkušební kazeta CAWO citlivost 400

Postup:

1. Vzdálenost ohnisko – receptor obrazu se nastaví na 100 cm, případně jinou, není-li uvedené nastavení možné.
2. Na vyšetřovací stůl se položí zkušební kazeta s filmem a na ni pomůcka pro testování souhlasu radiačního pole se světelným polem.
3. Světelné pole se vymezí podle „nulových značek“ na stupnici použité pomůcky.
4. Proveďte se expozice s takovými parametry, aby optická hustota na zhotoveném snímku byla v rozmezí 0,5 až 2,0 OD.
5. Film se vyvolá a dle následujícího obrázku (Obr.20) se zjistí velikost odchylky radiačního pole od světelného pole.
6. Proveďte se zápis do programu kontinuálního sledování hodnot parametrů v počítači.



Obr.20 Schéma vyhodnocení testu souhlasu radiačního pole se světelným polem

Vyhodnocení:

Na zhotoveném snímku změříme podle odchylky [cm] radiačního pole (ozářené pole na filmu) od světelného pole. Nesoulad světelného a radiačního pole vypočteme podle níže uvedených vztahů.

Požadavky:

Součet odchylek (a_1 , a_2) v ose x (vlevo a vpravo) resp. odchylek (b_1 , b_2) v ose y (nahore a dole) na snímku nesmí být větší než 2% ze vzdálenosti ohnisko – receptor (film).

- $|a_1| + |a_2| \leq 2\%$ ze vzdálenosti ohnisko – receptor (film)
- $|b_1| + |b_2| \leq 2\%$ ze vzdálenosti ohnisko – receptor (film)

Poznámka:

Při vzdálenosti ohnisko – film = 100 cm odpovídá maximální 2% přípustná odchylka hodnotě 2 cm.

7.3.4 Souhlas radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu

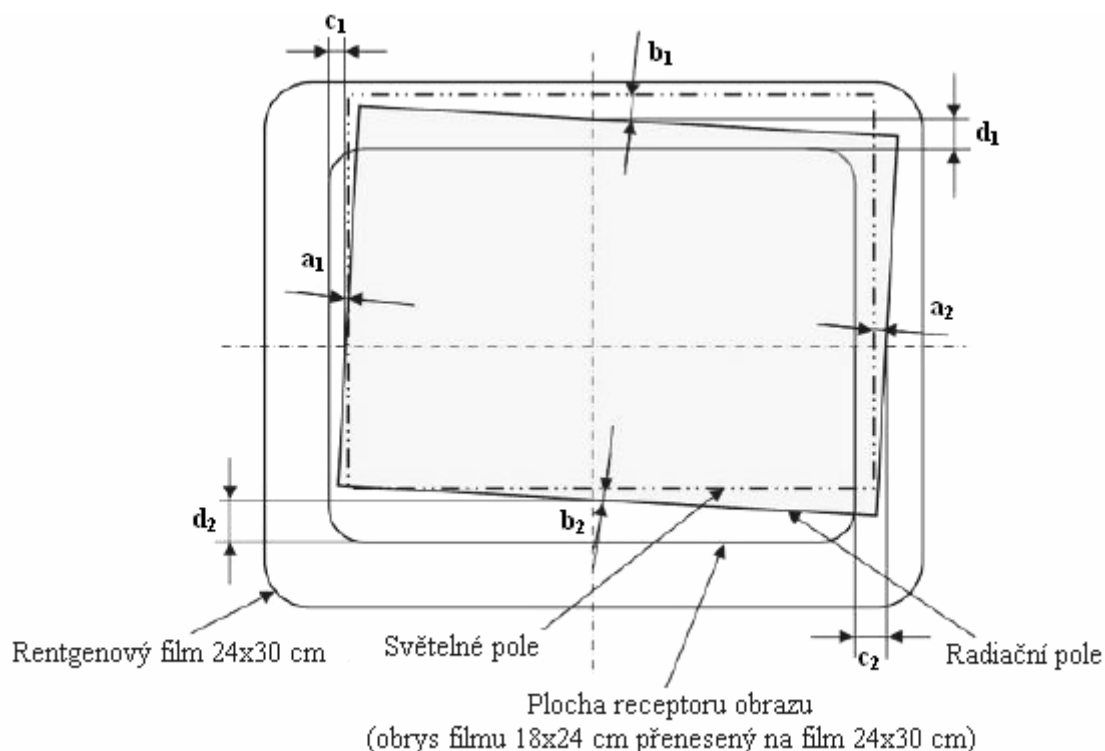
Kontroluje se soulad radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu, přičemž celkový součet odchylek nesmí přesáhnout 3% ze vzdálenosti ohnisko – film.

Pomůcky:

- zkušební deska
- délkové měřítko 3 m
- zkušební kazeta CAWO citlivost 400

Postup:

1. Na vyšetřovací stůl se umístí zkušební kazeta s filmem a na ni pomůcka pro testování souhlasu radiačního pole se světelným polem.
2. Světelné pole se nastaví na „nulové značky“ pomůcky, stejně jako při testu s radiačního pole se světelným polem
3. Do kazetového vozíku se umístí zkušební kazeta s filmem takového formátu, aby pokryla celou plochu radiačního pole.
4. Expoziční parametry se zvolí takové, aby bylo na zhotoveném snímku dosaženo optické hustoty mezi 0,5 a 2,0 OD.
5. Velikost radiačního pole zobrazeného na snímku zhotoveném v kazetovém vozíku se přenesse pomocí značek na snímek zhotovený na podpěře pacienta.
6. Z tohoto filmu se změří odchylky c_1 , c_2 a d_1 , d_2 rentgenového pole od plochy receptoru obrazu (Obr.21) (měří se v podélné a horizontální ose) a hodnoty se zaznamenají.
7. Proveďte se zápis do programu kontinuálního sledování hodnot parametrů v počítači.



Obr.21 Schéma vyhodnocení testu souhlasu radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu

Vyhodnocení:

Zjištěné odchylky zaznamenáme, nesoulad radiačního pole a receptoru rentgenového obrazu vypočteme podle níže uvedených vztahů.

Požadavky:

Součet odchylek c_1 , a c_2 (vlevo a vpravo) v ose x a součet odchylek d_1 , d_2 (nahore a dole) v ose y musí být menší než 3% ze vzdálenosti ohnisko – receptor obrazu, přičemž součet všech odchylek nesmí být větší než 4% ze vzdálenosti ohnisko – receptor obrazu.

- $|c_1| + |c_2| < 3\%$ vzdálenosti ohnisko – receptor (film)
- $|d_1| + |d_2| < 3\%$ vzdálenosti ohnisko – receptor (film)
- $|c_1| + |c_2| + |d_1| + |d_2| < 4\%$ vzdálenosti ohnisko – receptor (film)

Poznámka:

Při vzdálenosti ohnisko – film = 100 cm odpovídá maximální přípustná odchylka 3% hodnotě 3 cm a 4% 4 cm.

7.4 Vybraný test pro modul skiaskopie

7.4.1 Radiační výstup ze sestavy zdroje rentgenového záření

Pomůcky:

- dozimetr
- zeslabující fantom
- délkové měřítko 2 m
- zkušební kazeta s filmem

Tímto testem se měsíčně ověřuje stálost výstupu záření tj. nepřímo:stabilita napětí a proudu rentgenky, stabilita expozičního času a filtrace v manuálním režimu.

Výstup záření se stanoví jako dávkový příkon ve vzduchu vztažený k elektrickému proudu.

Základní metodou provedení testu je metoda dozimetrická.

Pokud není rentgenové zařízení vybaveno expoziční automatikou, provádí se test výstupu záření v manuálním režimu. Zeslabující fantom se v tomto případě nepoužívá.

Postup:

1. Na ovladači rentgenového přístroje se zvolí skiaskopický pracovní režim umožňující obvyklou skiaskopii.
2. Vzdálenost ohnisko – receptor obrazu se nastaví na 100 cm, případně jinou, není-li uvedené nastavení možné.
3. V případě AERC se přepne do režimu AERC a zvolí se střední senzor AERC.
4. AERC se nastaví do režimu používaného v klinické praxi.
5. Zvolí se velké ohnisko.
6. Anodové napětí se nastaví na hodnotu 70 kV.

7. Geometrické uspořádání: rentgenka, primární clona, dozimetr, zeslabující fantom.
8. Zeslabující fantom se umístí co nejbližší k primární cloně. Mezi clonu a zeslabující fantom se umístí detektor dozimetru tak, aby svou plochou nezakrýval střední (zvolený) senzor AEC. Poloha detektoru musí být při každé zkoušce provozní stálosti vždy stejná.
9. Nastavením clon se zabezpečí, aby velikost radiačního pole byla při všech zkouškách provozní stálosti vždy stejná.
10. Proveďte se skiaskopie.
11. Zaznamenaná se změřená hodnota dávkového příkonu.
12. Zaznamenaná se hodnota elektrického proudu [mA] indikovaná přístrojem po skiaskopii.
13. Rentgenový přístroj se přepne do manuálního režimu a elektrický proud [mA] se nastaví na hodnotu blízkou hodnotě elektrického proudu indikovanou přístrojem při realizaci skiaskopie v režimu AEC.
14. Proveďte se skiaskopie.
15. Zaznamenaná se změřená hodnota dávkového příkonu ve vzduchu.

Vyhodnocení:

Změřená hodnota dávkového příkonu ve vzduchu [mGy] se vydělí odečtenou hodnotou elektrického proudu [mA].

Požadavky:

- manuální režim: výstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot
- režim AERC: výstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot

[4]

8 Program kontinuálního sledování hodnot parametrů

Program kontinuálního sledování hodnot parametrů byl vytvořen v Microsoft Visual Studiu 2008.

Tato aplikace má sloužit pro zpracování dat ze zkoušek provozní stálosti pro komponentu rentgenka (komponenta je samostatný prvek daného kompletu) na radiodiagnostických pracovištích ve FNO a ke kontinuálnímu sledování hodnot daných parametrů za časové období.

Testování radiodiagnostických souprav se děje pomocí jednotlivých měření za účelem získání a ověření hodnot parametrů. Soubor testů se nazývá pak zkouškou.

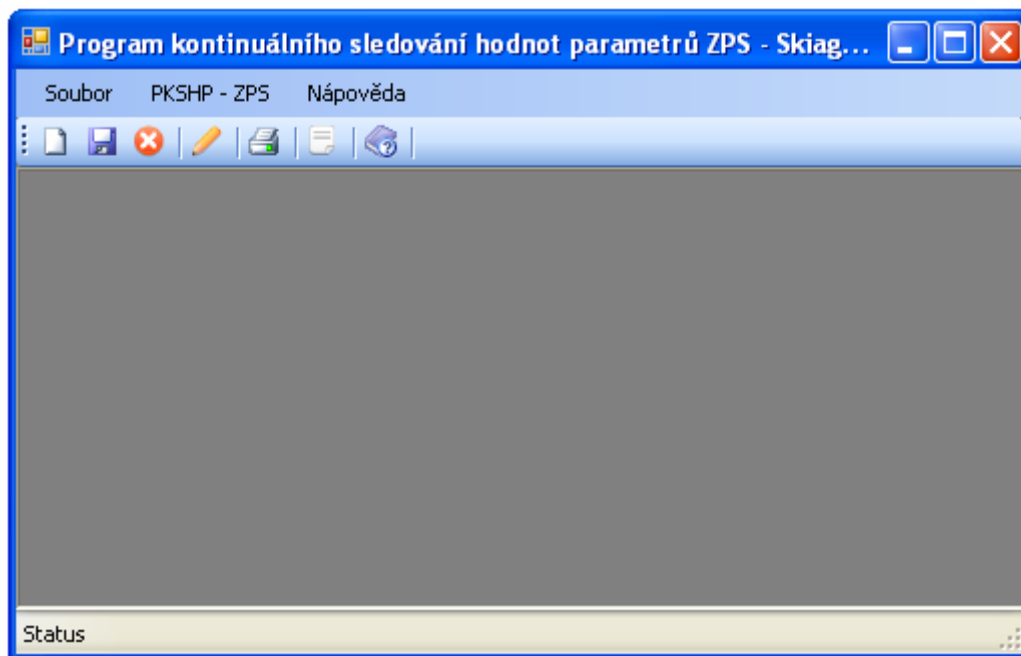
Zkoušky, které obsahují soubory testů daného kompletu (souboru prvků důležitých k realizaci lékařského ozáření), jsou rozděleny na referenční a měsíční.

Při VZPS se stanovují referenční hodnoty pro následné ZPS, tzn. že jako první provedená zkouška by měla být zkouška referenční vůči které se pak porovnávají ostatní měsíční zkoušky daného kompletu.

Referenční zkouška je označována ZPS provedená, co nejspíše po ZDS, jejíž výsledek je „v souladu“. Výsledkem referenční zkoušky je stanovení referenčních hodnot parametrů pro jednotlivé testy, se kterými se pak v nadcházejícím roce porovnají hodnoty parametrů vybraných testů měsíčních zkoušek.

Spuštění aplikace

Aplikace se spustí dvojklikem na ikonu programu a nebo pomocí pravého tlačítka a výběru "Otevřít". Otevře se aplikační okno s názvem Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul (Obr.22).



Obr.22 Aplikační okno Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul

Poté si uživatel vybere z Panelu nabídek Soubor – Nový a nebo lze vybrat nový soubor kliknutím na obrázek nového souboru (ikona papíru) na Nástrojové liště.

Následně se otevře okno formuláře Skiagraficko-skiaskopický modul (Obr.23), ve kterém si

uživatel musí zvolit modul (Skiografie bez AEC, Skiografie s AEC, Skiaskopie) a zkoušku (Referenční, Měsíční), aby mohl provést zápis vybraných testů daného modulu a přejít tak do detailnějšího formuláře s názvem Detail zkoušky.

Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS - Skiagr...

Soubor PKSHP - ZPS Nápověda

Skiograficko-skiaskopický modul

VLASTNÍK: Fakultní nemocnice Ostrava

MODUL: Skiografie-Skiaskopie

VÝBĚR MODULU

☐ Skiografie bez AEC

☐ Skiografie s AEC

☐ Skiaskopie

VÝBĚR TYPU ZKOUŠKY

☐ Měsíční

☐ Referenční

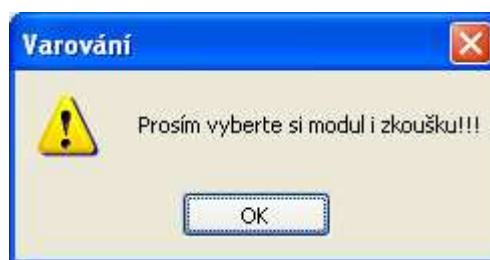
Ok Ukončit

Status

Obr.23 Formulář pro výběr modulu a zkoušky

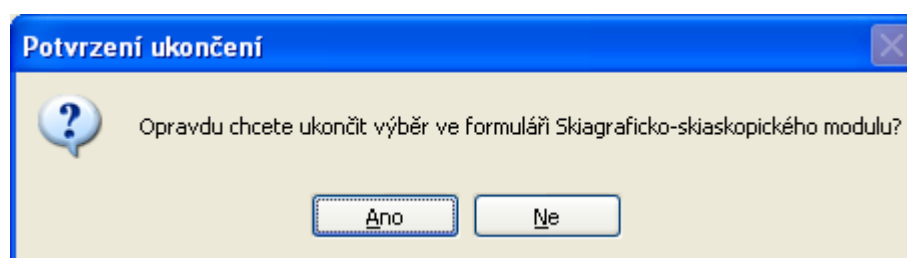
V okně Skiograficko-skiaskopického modulu je zvýrazněno implicitní tlačítko "Ok", což znamená, že klepnutí na toto tlačítko je stejné jako stisknutí klávesy Enter.

V případě, že si uživatel nevybere ani modul a ani zkoušku a stiskne tlačítko "Ok", otevře se dialogové okno Varování se zprávou "Prosím vyberte si modul i zkoušku!!!" (Obr.24), která upozorní na to, že si uživatel musí vybrat modul i zkoušku.



Obr.24 Dialogové okno s varováním

Stisk tlačítka Ukončit ve formuláři Skiagraficko-skiaskopického modulu vyvolá dialogové okno Potvrzení ukončení se zprávou "Opravdu chcete ukončit výběr ve formuláři Skiagraficko-skiaskopického modulu?" (Obr.25).



Obr.25 Dialogové okno o ukončení aplikace

V dialogovém okně je zvýrazněno implicitní tlačítko "Ano", což znamená, že klepnutí na toto tlačítko je stejné jako stisknutí klávesy Enter. Stisknutím tlačítka "Ano" se zavře okno Skiagraficko-skiaskopického modulu a tím se ukončí výběr modulu a typu zkoušky. Okno Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS zůstane nadále otevřené a uživatel si může nadále vybírat z panelu nabídek.

Stisknutím tlačítka "Ne" zůstane okno Skiagraficko-skiaskopického modulu nadále otevřené.

8.1 Prostředí programu

8.1.1 Aplikační okno Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul

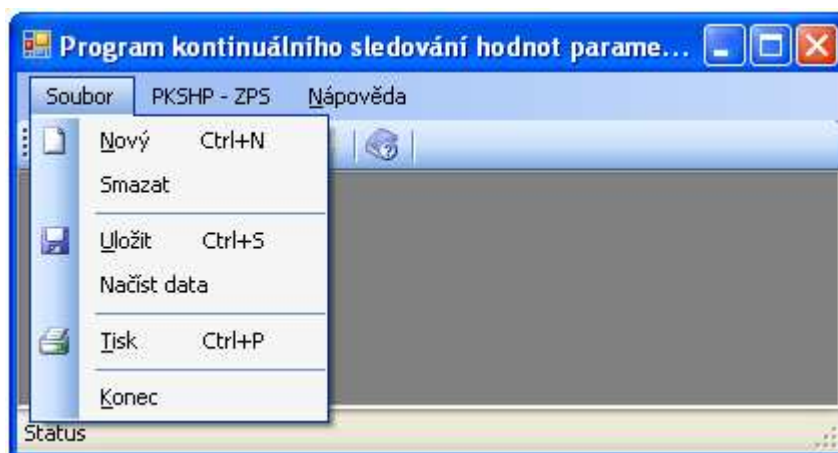
Aplikační okno s názvem Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul obsahuje tyto prvky:

Záhlaví – obsahuje název programu a název modulu: Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul

Panel nabídek – obsahuje hlavní nabídku, ze které si uživatel může vybrat funkce programu:

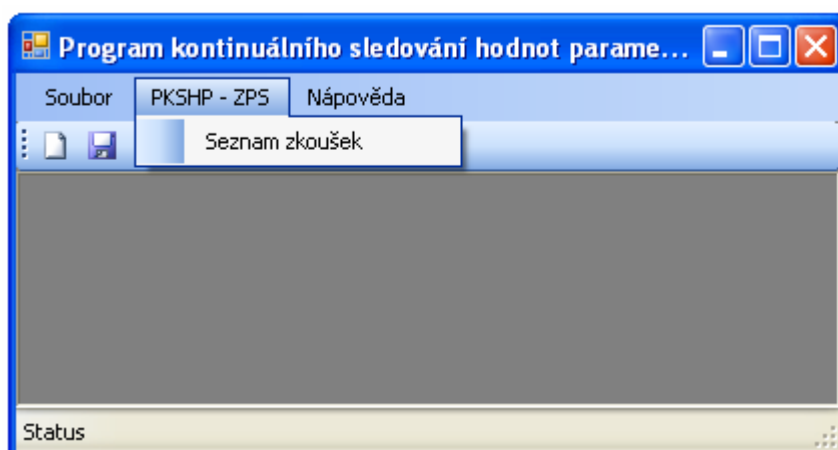
- Soubor (Obr.26) – pod touto nabídkou se nachází vytvoření nového souboru pro založení zkoušky, smazání zkoušky, uložení hodnot parametrů do databáze a načtení dat z databáze (načítání dat proběhlo v rámci testování ukládání parametrů do databáze), tisk a nebo ukončení

celé aplikace s názvem Konec, uživatel také může využít možnost klávesových zkratk Nabídka Soubor pro Nový soubor, Uložit, Tisk



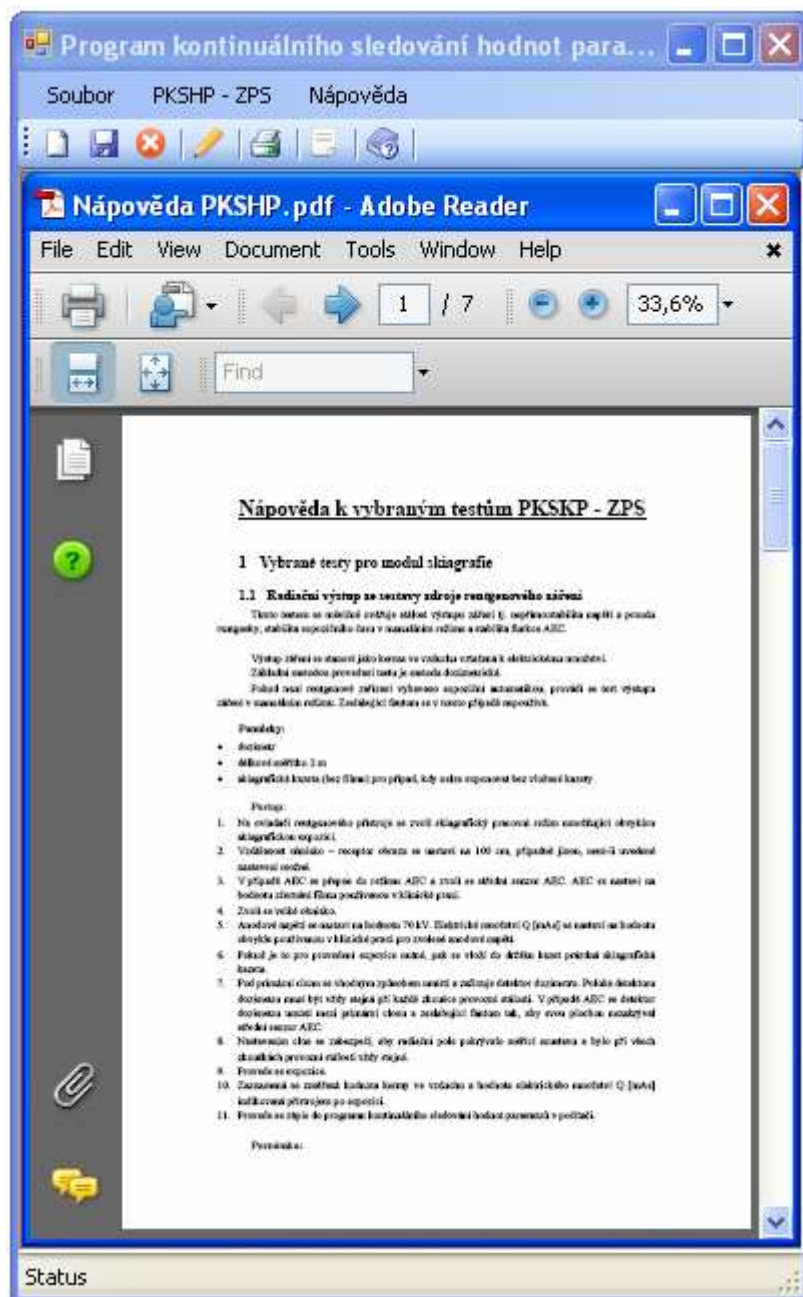
Obr.26 Aplikační okno PKSHP - ZPS – nabídka Soubor

- PKSHP - ZPS (Program Kontinuálního Sledování Hodnot Parametrů - ZPS) (Obr.27) – pod touto nabídkou se nachází Seznam zkoušek (zkoušky uložené v databázi)



Obr.27 Aplikační okno PKSHP – nabídka PKSHP - ZPS

- Nápověda (Obr.28) – nápověda k jednotlivým testům PKSHP v pdf (Nápověda PKSHP.pdf bude dodána v balíčku PKSHP pro případ, že by došlo k chybě a nešlo tento soubor otevřít v PKSHP na jiných počítačích)



Obr.28 Nápověda PKSHP - ZPS

Nástrojová lišta (Obr.29) – obsahuje ikony s obrázky, z nichž si uživatel může vybrat funkce programu:



Obr.29 Ikony nástrojové lišty

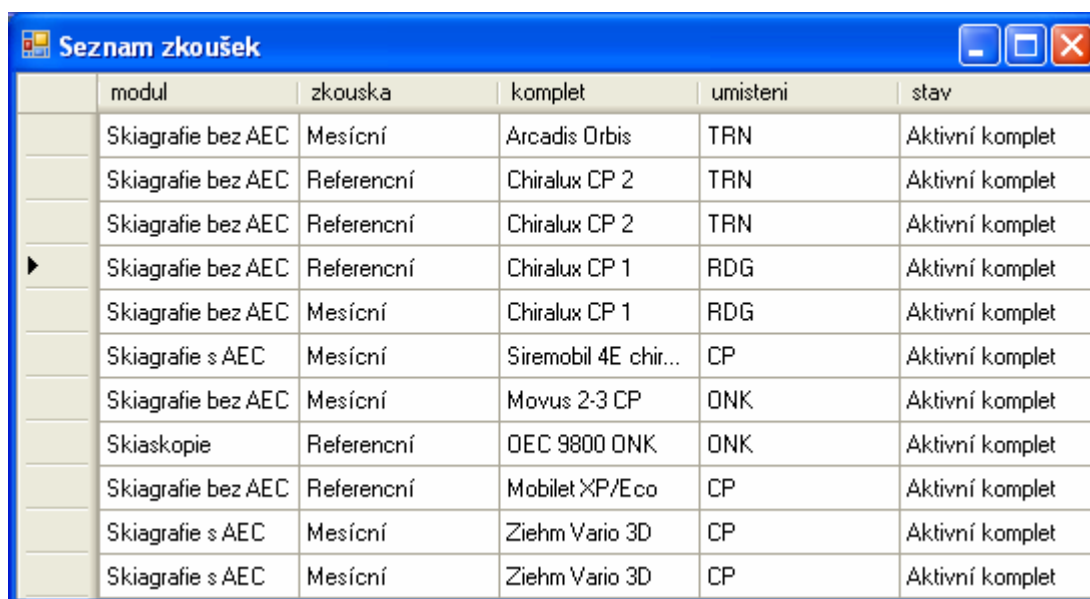
Zleva:

- Nový soubor
- Uložit
- Smazat
- Načíst data
- Tisk
- Seznam zkoušek
- Nápověda

Jednotlivé funkce programu lze zvolit buď v panelu nabídek a nebo na nástrojové liště.

Seznam zkoušek

Tento seznam zkoušek uložený v databázi slouží pro získání přehledu o plánovaných a provedených zkouškách. Seznam zkoušek (Obr.30) je možné otevřít z nabídky Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul => PKSH-ZPS – Seznam zkoušek nebo kliknutím na ikonu bílého popsaného listu na nástrojové liště. V seznamu zkoušek jsou uloženy informace z Detailu zkoušek.



	modul	zkouska	komplet	umisteni	stav
	Skiografie bez AEC	Mesíční	Arcadis Orbis	TRN	Aktivní komplet
	Skiografie bez AEC	Referencní	Chiralux CP 2	TRN	Aktivní komplet
	Skiografie bez AEC	Referencní	Chiralux CP 2	TRN	Aktivní komplet
▶	Skiografie bez AEC	Referencní	Chiralux CP 1	RDG	Aktivní komplet
	Skiografie bez AEC	Mesíční	Chiralux CP 1	RDG	Aktivní komplet
	Skiografie s AEC	Mesíční	Siremobil 4E chir...	CP	Aktivní komplet
	Skiografie bez AEC	Mesíční	Movus 2-3 CP	ONK	Aktivní komplet
	Skiaskopie	Referencní	OEC 9800 ONK	ONK	Aktivní komplet
	Skiografie bez AEC	Referencní	Mobilet XP/Eco	CP	Aktivní komplet
	Skiografie s AEC	Mesíční	Ziehm Vario 3D	CP	Aktivní komplet
	Skiografie s AEC	Mesíční	Ziehm Vario 3D	CP	Aktivní komplet

Obr.30 Provedené zkoušky uložené v databázi zps

8.1.2 Aplikační okno Skiagraficko-skiaskopický modul

Toto okno (Obr.31) slouží k výběru modulu a zkoušky. Pevně jsou zde nastaveny informace o vlastníkovi a modulu. Toto okno je určitým rozcestníkem pro výběr a podle daného výběru se zobrazují dané formuláře v pravém panelu okna Detail zkoušky.

Obr.31 Aplikační okno Skiagraficko-skiaskopický modul s výběrem Skiografie s AEC a Referenční zkoušky

8.1.3 Aplikační okno Detail zkoušky

Popis položek aplikačního okna Detail zkoušky

Toto okno je jedno z nejdůležitějších oken systému a poskytuje informace o prováděné zkoušce, typu zkoušky, kompletu a záznamu hodnot parametrů. Obrázek okna Detail zkoušky je uveden v Příloze I. Ukázka Detailu zkoušky pro konkrétní modul a konkrétní typ zkoušky je uvedena v Příloze II. (pro modul Skiaskopie, typ zkoušky Měsíční).

Okno je rozděleno do několika částí: informace o zkoušce, informace o kompletu, seznam zkoušek a pravá část formuláře tvořená subformuláři (dílčími formuláři testů).

Levá část levého panelu (Obr.32) – informace o zkoušce

MODUL: Skioskopie

ZKOUŠKA: Měsíční

Datum a čas provedení:

Plánované datum: 27. března 2010

Skutečné datum: 27. března 2010

Provedl:

Výsledek:

Datum Referenční ZK:

Poznámky:

Obr.32 Levá část levého panelu okna Detail zkoušky s již určeným výběrem pro modul Skioskopie a typem zkoušky Měsíční

- Modul – identifikace modulu dle výběru uživatele (Skiografie bez AEC, Skiografie s AEC, Skioskopie), zobrazí se automaticky dle výběru modulu
- Zkouška – identifikace typu zkoušky dle výběru uživatele (Referenční, Měsíční), zobrazí se automaticky dle výběru typu zkoušky
- Plánované datum – plánované datum provedení zkoušky
- Skutečné datum – datum uskutečnění zkoušky
- Provedl – identifikace uživatele, jméno a příjmení osoby provádějící ZPS
- Výsledek – výsledek zkoušky
- Datum Referenční ZK – datum poslední referenční zkoušky
- Poznámky – možnost zaznamenání komentáře a nebo poznámky k dané zkoušce

Pravá část levého panelu (Obr.33) – informace o kompletu

KOMPLET:

Umístění:

Stav:

DETAIL KOMPONENTY KOMPLETU

Typ komponenty:

Titulek:

Výrobní číslo:

Popis:

Pomůcky k testu:

Obr.33 Pravá část levého panelu Detail zkoušky

- Komplet (Obr.34) – název kompletu, uživatel má předdefinované tyto komplety na výběr bez možnosti dalšího přidání kompletu: Apelem TRN, Arcadis Avanti, Arcadis Orbis, Fluoroscanner Premier, Chiralux CP 1, Chiralux CP 2, OEC 9800 chirurgie, Siremobil 4E chirurgie, Ikonos 1500, Ikonos R 200 FLC, MP 15 DK 11, MP 15 urologie, Multix TOP, Mobilet CP, Mobilet XP/Eco, Movus 2-1 CP, Movus 2-2 CP, Movus 2-3 CP, Multix TOP ACSS, OEC 9800 ONK, OEC 7700 urologie, Ziehm 7000 chirurgie, Ziehm 8000, Ziehm Vario 3D

KOMPLET:

- Apelem TRN
- Arcadis Avanti
- Arcadis Orbis
- Fluoroscanner Premier
- Chiralux CP 1
- Chiralux CP 2
- Chirurgie OEC 9800
- Chirurgie Siremobil 4E

Obr.34 Předdefinovaný výběr kompletů

- Umístění – identifikace umístění kompletu na daném pracovišti
- Stav – aktivní a nebo vyřazený komplet
- Detail komponenty kompletu – identifikační údaje komponenty

- Popis – možnost vložení podrobného popisu vztahující se ke kompletu
- Pomůcky k testu – vložení poznámek či komentáře vztahujícímu se pro pomůcky

Seznam testů v tabulce

Tabulka (Obr.35) obsahuje Číslo testu, Název a Výsledek testu. Pro každý test se zobrazí v tabulce výsledek daného testu podle předdefinovaných tolerancí.

Tato tabulka slouží pro rychlé přepínání mezi testy. Na základě daného modulu a typu zkoušky se testy automaticky generují do pravé části panelu podle výběru uživatele. Pro modul Skiaskopie byl vybrán pouze test "Radiační výstup". Pro každý test se automaticky v tabulce Seznam testů ve sloupci Výsledek generují výsledky z provedného testu.

Testy byly vybírány dle požadavků Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny práce.

Číslo_testu	Název	Výsledek
1	Radiační výstup	je v souladu
2	Vstup záření do plochy receptoru	je v souladu
3	Souhlas radiačního pole se světelným polem	je v souladu
4	Souhlas radiačního pole a receptoru obrazu	je v souladu

Obr.35 Tabulka Seznam testů s číslem testu, názvem testu a výsledkem testu pro modul Skiagrafie

Pravý panel – zápis hodnot parametrů

Tato část slouží k zápisu hodnot parametrů dle vybraného modulu a typu zkoušky. V této části se zobrazují jednotlivé subformuláře. Celkový počet formulářů, který uživatel může vyplnit, tzn. že vyčerpá všechny možnosti dle výběru modulu a zkoušky, je 18.

Popis subformulářů

Subformuláře se dělí do několika částí. V první části, nejsvrchnější, uživatel musí zapsat dané Zkušební prostředky a přístroje (Obr.36) použité pro testování rentgenů. Režim pro tuto zkoušku a model je automatický a manuální, přičemž pro automatický režim se liší výpis Parametrických podmínek a požadavky na dávkový příkon jsou zde přísnější (tyto požadavky byly dány na základě požadavků Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny práce).

Zkušební prostředky a přístroje

Dozimetr: Radcal 9015

Zeslabující fantom: 1mm Cu

Obr.36 Ukázka části subformuláře Zkušební prostředky a přístroje pro zkoušku Měsíční, modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Další část jsou Parametrické podmínky testu (Obr.37). Zde se zapisují nastavené hodnoty parametrů. Například pro test Radiační výstup, Modul: Skiaskopie – Referenční zkouška, je to Ohnisková vzdálenost [cm], Vzdálenost ohnisko-senzor [cm], Použité ohnisko [mm]. Parametrické

podmínky jsou voleny dle Doporučení Radiační ochrany a liší se dle testů.

1. Režim AERC

Parametrické podmínky testu

Ohnisková vzdálenost [cm]:

Vzdálenost ohnisko - senzor [cm]:

Použité ohnisko [mm]:

Obr.37 Ukázka části subformuláře Parametrické podmínky testu pro režim AERC pro zkoušku Měsíční, modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Následuje Provedení testu a Hodnocení testu. V části Provedení testu (Obr.38) se automaticky generují výsledky u textboxů (polí pro zápis hodnot) pro Odchylku a Výsledek.

Provedení testu

Dávkový příkon [mGy/s]

Referenční hodnota:

Periodická ZPS:

Odchylka [%]:

Výsledek:

Průběh parametrů v čase:

Anodové napětí [kV]

Referenční hodnota:

Periodická ZPS:

Odchylka [kV]:

Výsledek:

Průběh parametrů v čase:

Proud rentgenky [mA]

Referenční hodnota:

Periodická ZPS:

Odchylka [%]:

Výsledek:

Průběh parametrů v čase:

Obr.38 Ukázka části Provedení testu pro režim AERC pro zkoušku Měsíční, modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Dle nastavených a změřených parametrů se zobrazí Výsledek "je v souladu" a nebo "není v souladu". Textboxy jsou barevně rozlišeny pro snazší orientaci: zelené textboxy slouží pro zápis hodnot nastavených, modré textboxy slouží pro zápis změřených hodnot a šedé textboxy jsou určeny pro hodnoty automaticky generované. Hodnoty, které se automaticky generují, jsou buď hodnoty přenesené z referenčních zkoušek do měsíčních pro daný rentgen v rámci daného testu, modulu a typu zkoušky a nebo hodnoty, které se automaticky vypočítají po zadání změřených parametrů. Vyhodnocení Výsledků parametrů je na základě požadavků. Tyto požadavky, procentuální pásmo přijatelnosti vyhodnocení parametrů hodnot, jsou dány na konci každého subformuláře.

Další část nese název Hodnocení (Obr.39), kde si uživatel může zapsat poznámky k referenčnímu stavu a nebo periodické zkoušce a na jehož konci jsou vypsány Požadavky pro daný test (Obr.40).

HODNOCENÍ TESTU:

Poznámka k ref.stavu:

Periodická ZPS:

Poznámka k periodické zkoušce:

**Obr.39 Ukázka části Hodnocení celého testu pro zkoušku Měsíční, modul Skiaskopie, test
Radiální výstup**

Požadavky (Obr.40) jsou stanoveny na základě požadavků Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny práce.

Požadavky:

Dávkový příkon v režimu AERC musí být v pásmu \pm [%] referenční hodnoty:	20,0
Anodové napětí v režimu AERC musí být v pásmu \pm [kV] referenční hodnoty	5,0
Proud rentgenky v režimu AERC musí být v pásmu \pm [%] referenční hodnoty	20,0
Dávkový příkon v manuálním režimu musí být v pásmu \pm [%] referenční hodnoty	20,0

Obr.40 Ukázka části Požadavky pro zkoušku Měsíční, modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Při zapsání hodnot pro referenční zkoušky pro daný komplet a po následném uložení do databáze se uloží referenční hodnoty pro daný komplet do měsíční zkoušky. Na Obr.41 je vidět výstřížek pro test Skiaskopie, Měsíční zkouška, část Provedení testu. Hodnota Periodické ZPS se změří dozimetrem. Referenční hodnota je hodnota uložená v databázi. Jakmile je zapsána hodnota Periodické ZPS, stisknutím tlačítka s ikonou kalkulačky u textboxu pro Odchylku [%] se vypočítá hodnota odchylky v procentech a následně se automaticky zobrazí Výsledek, zda je daný parametr v souladu či není v souladu.

Provedení testu

Dávkový příkon [mGy/s]

Referenční hodnota:	0,031
Periodická ZPS:	0,029
Odchylka [%]:	-6,452
Výsledek:	je v souladu

Průběh parametrů v čase: GRAF

Obr.41 Výstřížek ze zkoušky Měsíční, modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Pro každý test jsou dány požadavky, na základě kterých je pak počítána Odchylka a vygenerován Výsledek. Konkrétně pro tento případ je pásmo přijatelnosti v rozmezí $\pm 20\%$ referenčních hodnot. Jakmile je překročena hodnota přijatelnosti, pak Výsledek "není v souladu", jak je vidět na Obr.42. Pro každý měsíční test jsou dány požadavky na výsledky pro daný parametr a podle požadavků byly sestaveny vzorce pro výpočet podle kterých se hodnoty automaticky generují. U mnoha subformulářů je důležité, aby uživatel vypsál hodnoty více parametrů potřebných pro výpočet, jinak se nezobrazí výsledek. Dialogová okna uživatele upozorní na to, které hodnoty jsou potřebné pro generování výsledků.

Odchylka [%] se vypočítá jako hodnota Periodické ZPS pro Dávkový příkon vydělená hodnotou Referenční pro Dávkový příkon, výsledek Periodická ZPS/Referenční hodnota se vynásobí číslem 100 (aby byl výsledek v procentech). Vzorec pro výpočet je tedy: $((\text{Periodická ZPS} / \text{Referenční}) \times 100)$

hodnota)*100) – 100 = Výsledek. Jestliže je procentuální hodnota ((Periodická ZPS/Referenční hodnota)*100) vyšší než 100, pak je odchylka s kladným znaménkem (jak je vidět na Obr.42). Jestliže je procentuální hodnota menší než 100, pak je odchylka záporná (Obr.41).

Provedení testu

Dávkový příkon [mGy/s]

Referenční hodnota: 0,031

Periodická ZPS: 0,039

Odchylka [%]: 25,806

Výsledek: není v souladu

Průběh parametrů v čase: GRAF

Obr.42 Výstřížek ze zkoušky Měsíční, modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Výsledky pro ostatní testy mnohdy nejsou tak jednoduché a závisí na vyplnění více hodnot parametrů než jen jednoho, jinak se nezobrazí výsledek. Po každé změně hodnot parametrů je důležité provést výpočet stisknutím tlačítka kalkulačky.

Pokud není vyplněn textbox Periodické hodnoty ZPS, objeví se dialogové okno (Obr.43) se zprávou "Zadejte hodnotu pro periodickou ZPS, aby se mohl provést výpočet odchylky!"

Zadejte hodnotu pro periodickou ZPS, aby se mohl provést výpočet odchylky!

OK

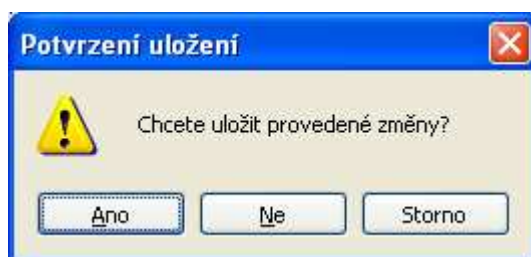
Obr.43 Dialogové okno pro ohlášení, že není zadána hodnota Periodické ZPS

Pro porovnání jednotlivých částí subformulářů pro referenční a měsíční zkoušku je na Obr.44 vlevo ukázka subformuláře pro referenční zkoušku pro Skiaskopii, test Radiační výstup a vpravo ukázka měsíční zkoušky pro tentýž modul a tentýž test.

RADIAČNÍ VÝSTUP ZE SESTAVY ZDROJE		RADIAČNÍ VÝSTUP ZE SESTAVY ZDROJE	
PRO SKIASKOPII - DOZIMETRICKY		PRO SKIASKOPII - DOZIMETRICKY	
Zkušební prostředky a přístroje		Zkušební prostředky a přístroje	
Dozimetr:	Radcal 9015	Dozimetr:	Radcal 9015
Zeslabující fantom:	1mm Cu	Zeslabující fantom:	1mm Cu
1. Režim AERC		1. Režim AERC	
Parametrické podmínky testu		Parametrické podmínky testu	
Ohnisková vzdálenost [cm]:	97,0	Ohnisková vzdálenost [cm]:	97,0
Vzdálenost ohnisko - senzor [cm]:	95,0	Vzdálenost ohnisko - senzor [cm]:	95,0
Použité ohnisko [mm]:	0	Použité ohnisko [mm]:	0
Provedení testu		Provedení testu	
Dávkový příkon [mGy/s]		Dávkový příkon [mGy/s]	
Referenční hodnota:	0,031	Referenční hodnota:	0,031
Anodové napětí [kV]		Anodové napětí [kV]	
Referenční hodnota:	61,0	Periodická ZPS:	0,029
Proud rentgenky [mA]		Proud rentgenky [mA]	
Referenční hodnota:	1,3	Odchylka [%]:	-6,452
		Výsledek:	je v souladu
		Průběh parametrů v čase:	GRAF

Obr.44 Ukázka subformuláře pro zkoušku Referenční (vlevo) a Měsíční (vpravo), modul Skiaskopie, test Radiační výstup

Pokud uživatel uzavře okno Detail zkoušky a nebo okno s názvem Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopický modul, pak dialogové okno (Obr.45) ohlásí zprávu "Chcete uložit provedené změny?". Pokud "Ano", pak se hodnoty parametrů pro danou zkoušku uloží do databáze. V dialogovém okně je zvýrazněno implicitní tlačítko "Ano", což znamená, že klepnutí na toto tlačítko je stejné jako stisknutí klávesy Enter.



Obr.4532 Dialogové okno se zprávou pro ukládání hodnot založené zkoušky

8.1.4 Databáze

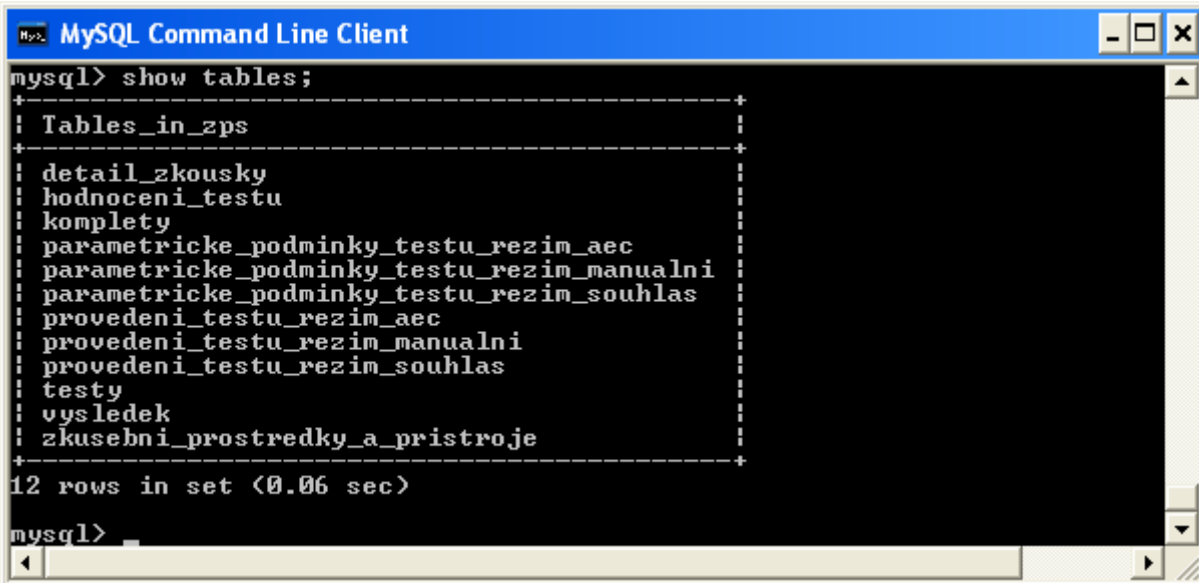
Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS obsahuje pole pro zápis, jak textových, tak numerických částí a proto je důležité, aby program obsahoval databázové soubory pro ukládání dat jednotlivých parametrů, aby uživatel mohl kontinuálně sledovat hodnoty parametrů a zobrazit si také případně i grafy.

S databázemi se člověk setkává téměř denně. V nejširším slova smyslu je databáze i seznam věcí, které se mají koupit k obědu, výpis z účtu a nebo seznam uskutečněných telefonních hovorů. V počítačovém slova smyslu se pod výrazem "databáze" obvykle rozumí software, který spravuje určitý "balík" dat a umožňuje uživatelům tento "balík" dat rozumně měnit a spravovat.

Databáze není jen prosté úložiště dat, ale slouží zároveň k jejich organizaci, třídění, prohledávání, seskupování a podobně.

Pro ukládání dat do Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS – Skiagraficko-skiaskopického modulu byl použit databázový systém MySQL. Komunikace s ním probíhá, jak už název napovídá, pomocí jazyka SQL. Každá databáze v MySQL je tvořena z jedné nebo více tabulek, které mají řádky a sloupce. V řádcích rozeznáváme jednotlivé záznamy (řádek = záznam), sloupce mají jméno a uvozují datový typ jednotlivých polí záznamu (sloupec = pole). Práce s databázemi, tabulkami a daty se provádí pomocí příkazů, respektive dotazů. Dotazy vycházejí z deklarativního programovacího jazyka SQL (Structured Query Language).

Pomocí jazyka SQL byla vytvořena databáze ZPS tvořená z tabulek obsahující sloupce pro zápis parametrů programu kontinuálního sledování hodnot parametrů. Všechny vytvořené tabulky jsou vypsány na Obr.46. Některé tabulky ZPS s výpisem názvů parametrů a datového typu jsou uvedeny v Příloze IV. Pro zápis detailního popisu o dané zkoušce byla vytvořena tabulka detail zkoušky na Obr.47, která představuje data levého panelu formuláře Detailu zkoušky. Ostatní tabulky byly vytvořeny na základě členění do částí v subformulářích (Zkušební prostředky a přístroje, Parametrické podmínky testu, Provedení testu, Hodnocení testu, Požadavky) a dále pak dle režimů testů.



```
mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_zps |
+-----+
| detail_zkousky |
| hodnoceni_testu |
| komplety |
| parametricke_podminky_testu_rezim_aec |
| parametricke_podminky_testu_rezim_manualni |
| parametricke_podminky_testu_rezim_souhlas |
| provedeni_testu_rezim_aec |
| provedeni_testu_rezim_manualni |
| provedeni_testu_rezim_souhlas |
| testy |
| vysledek |
| zkusebni_prostredky_a_pristroje |
+-----+
12 rows in set (0.06 sec)

mysql>
```

Obr.46 Tabulky databáze ZPS

```
mysql> describe detail_zkousky;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
id	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_inc
modul	varchar(255)	YES		NULL	
zkouska	varchar(255)	YES		NULL	
komplet	varchar(255)	YES		NULL	
umistení	varchar(255)	YES		NULL	
stav	varchar(255)	YES		NULL	
planovane_datum	datetime	YES		NULL	
skutečne_datum	datetime	YES		NULL	
typ_komponenty	varchar(255)	YES		NULL	
titulek	varchar(255)	YES		NULL	
vyrobni_cislo	int(11)	YES		NULL	
provedl	varchar(255)	YES		NULL	
vysledek	varchar(255)	YES		NULL	
referencni_zk	varchar(255)	YES		NULL	
popis	varchar(1000)	YES		NULL	
poznanky	varchar(1000)	YES		NULL	
pomucky_testu	varchar(1000)	YES		NULL	
test_id	int(11)	YES	MUL	NULL	
vysledek_id	int(11)	YES	MUL	NULL	

```
19 rows in set (0.02 sec)

mysql>
```

Obr.47 Tabulka detail zkoušky

V tabulce detail zkoušky (Obr.48) jsou vidět jednotlivé záznamy (řádek = záznam), do sloupce se vkládají jednotlivé datové typy polí záznamu. Pomocí příkazu select jsou vybrány pouze sloupce modul, zkouška, komplet a výsledek z tabulky pro detail zkoušky.

```
mysql> select modul, zkouska, komplet, vysledek from detail_zkousky
```

modul	zkouska	komplet	vysledek
Skiagrafie bez AEC	Referencní		
Skiagrafie bez AEC	Referencní		
Skiagrafie bez AEC	Referencní		
Skiagrafie bez AEC	Referencní		
Skiaskopie	Mesícný		
Skiaskopie	Mesícný		
Skiaskopie	Mesícný	Arcadis Orbis	není v souladu
Skiagrafie bez AEC	Referencní		
Skiaskopie	Mesícný		
Skiagrafie bez AEC	Mesícný	Arcadis Orbis	je v souladu

```
10 rows in set (0.01 sec)
```

Obr.48 Výběr sloupců modul, zkouška, komplet, výsledek z tabulky pro detail zkoušky

Graficky znázorněné spojení mezi tabulkami databáze je uvedeno v Příloze V.

[13], [14], [15]

9 Ověření a zhodnocení PKSHP – ZPS

Vývoj designu jednotlivých formulářů a subformulářů byl konzultován s Oddělením lékařské radiační fyziky a hygieny práce, jelikož správný návrh rozčlenění formulářů do specificky členěných částí (Zkušební prostředky a přístroje, Parametrické podmínky testu, Provedení testu, Hodnocení testu a Požadavky) sehrává důležitou roli z hlediska orientace technika v programu při testování parametrů radiodiagnostických přístrojů. Na základě publikace SÚJB a ve spolupráci s požadavky OLRFH bylo vytvořeno 18 formulářů pro testy, které jsou nejdůležitějšími prvky zápisu hodnot parametrů a jejich kontinuálního sledování.

Postupně byly ověřovány a testovány jednotlivé funkce PKSHP - ZPS v praxi, jelikož pro tento program je důležitá znalost technika, který testuje přímo rentgeny v praxi a také znalost dohlízející osoby, která má kompetenci dohlížet na toto testování. Zejména byla důležitá kontrola automatických výpočtů, aby v praxi nedocházelo k chybám díky nesprávným algoritmům pro výpočty, jelikož tyto výsledky sehrávají roli pro výpočet Odchylky [%] a Výsledků pro jednotlivé zkoušky a díky nimž se pak hodnotí výsledek celého testu pro Periodickou ZPS v měsíčních zkouškách.

Parametrické podmínky testu	
Anodové napětí [kV]:	70
Elektrické množství [mAs]:	5,6
Vzdálenost ohnisko - receptor [cm]:	100

Provedení testu	
Změřená odchylka na filmu [mm]	
c1 - Periodická ZPS:	5
c2 - Periodická ZPS:	3
d1 - Periodická ZPS:	6
d2 - Periodická ZPS:	2

Odchylka z ohniskové vzdálenosti [%]	
c1 + c2 - Periodická ZPS:	0,8
Výsledek:	je v souladu
d1 + d2 - Periodická ZPS:	0,8
Výsledek:	je v souladu
Průběh parametrů v čase:	GRAF
c1 + c2 + d1 + d2 - Periodická ZPS:	1,6
Výsledek:	je v souladu
Průběh parametrů v čase:	GRAF

Obr.49 Test Souhlas radiačního pole a receptoru obrazu pro Skiagrafii, měsíční zkoušku

Pro výpočet odchylek z ohniskových vzdáleností na Obr.49 je nutné zadat Vzdálenost ohnisko – receptor. Do modrých polí se pouze zadají změřené hodnoty odchylky na filmu, automaticky se pak sečtou číselné hodnoty odchylek a vyhodnotí tolerance. Pokud jsou všechny výsledky v souladu, pak je i Periodická zkouška provozní stálosti v souladu. Příklad výpočtů byl také uveden v kapitole 8. Konečný výsledek Periodické ZPS se zobrazí, jakmile je proveden výpočet všech hodnot, jinak je Výsledek "není v souladu" i kdyby první dva výsledky ze třech byly "je v souladu". Je to dáno proto, aby byly všechny požadavky splněny.

Jestliže uživatel neprovede zápis hodnot parametrů do patřičných polí a stiskne tlačítko pro výpočet, objeví se dialogové okno se zprávou "Zadejte hodnoty změřené odchylky pro periodickou ZPS a zkontrolujte, zda je zadána hodnota Vzdálenost ohnisko – receptor [cm], aby se mohl provést výpočet odchylky z ohniskové vzdálenosti!". Dialogová okna napoví uživateli, která pole pro zápis hodnot parametrů musí zadat, aby se mohl provést výpočet. Pro testování PKSHP bez připojení na databázi byly referenční hodnoty zadávány ručně, proto aby byla zjištěna správnost výpočtu.

Elektrické množství [mAs]		
TVRDÝ svazek:	24	cisl3
MĚKKÝ svazek:	0	
Provedení testu		
TVRDÝ svazek:		
Změřená Kerma [mGy]		
Referenční hodnota:	0,019	cisl1
Periodická ZPS:	0,019	cisl2
Vstup záření [mGy/mAs]		
Referenční hodnota:	0,001	vyslR
Periodická ZPS:	0,001	vyslP
Odchylka [%]:	0	odch
Výsledek:	je v souladu	vysl
Průběh parametrů v čase:		GRAF

Obr.50 Výstřížek testu Vstup záření do plochy receptoru pro modul Skiografie bez AEC, typ zkoušky Měsíční

Výpočet pro test z Obr.50 je:

$$\begin{aligned} \text{vyslR} &= (\text{cisl1} / \text{cisl3}); \\ \text{vyslP} &= (\text{cisl2} / \text{cisl3}); \\ \text{odch} &= ((\text{vyslP} / \text{vyslR}) * 100) - 100, \text{ přičemž } (((\text{vyslP} / \text{vyslR}) * 100) - 100 > 100 \text{ je kladné číslo, } ((\text{vyslP} / \text{vyslR}) * 100) - 100 < 100 \text{ je záporné číslo}). \end{aligned}$$

Všechny hodnoty pro Vstup záření se automaticky vypočítají. Je důležité zadat parametry pro

změřenou kermu a elektrické množství (na to, že nejsou tyto hodnoty zadány upozorní dialogové okno se zprávou "Zadejte hodnotu Periodické ZPS Změřené kerry [mGy] pro Tvrdý svazek a zkontrolujte, zda je zadána hodnota Periodické ZPS Elektrického množství [mAs] pro Tvrdý svazek, aby se mohl provést výpočet hodnot Výstupu záření [mGy/mAs]!").

Vstup záření má být v pásmu $\pm 20\%$ referenčních hodnot, což je splněno a proto je Výsledek testu v souladu.

Pro radiační výstup či vstup záření pro modul skiografie je důležité vědět, že změřená hodnota kerry ve vzduchu [mGy] se vydělí odečtenou hodnotou elektrického množství [mAs].

$$\text{Výstup, vstup záření} = \frac{K_a}{Q} \text{ [mGy.mAs}^{-1}\text{]}$$

Výstup záření pro skiaskopii se stanoví jako dávkový příkon [mGy/s] ve vzduchu vztažený k elektrickému proudu [mA].

Celkové zhodnocení

Důležitou součástí Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů byl také celkový návrh formulářů tak, aby se technik, který provádí testování technických parametrů diagnostických souprav snadno orientoval v nabízených testech (formulářích) s jednoduchým přístupem k testům daného modulu a typu zkoušky. Nedílnou součástí je také automatický výpočet odchylek a výsledků testování radiodiagnostických souprav dle zadaných požadavků.

Byla vytvořena databáze ZPS a propojena s programem kontinuálního sledování hodnot, odzkoušela jsem také ukládání i načítání hodnot do programu.

Navrhuji program zdokonalit o ukládání hodnot ze zkoušek přímo do formuláře pro Detail zkoušky s načtenými hodnotami z databáze pro daný komplet, modul a typ zkoušky, aby se hodnoty ze Seznamu zkoušek nemusely načítat do jednoho řádku, který je neúměrně dlouhý. Proto jsem již nástrojovou lištu a panel nástrojů připravila tak, aby se všechny funkce mohly realizovat.

Doporučila bych FNO tento program dále obohatit například o tisk či grafické zobrazování hodnot parametrů ze zkoušek a proto jsem již připravila podmínky pro případné obohacení Programu kontinuálního sledování hodnot parametrů o tyto funkce programu.

Závěr

Rentgenové moderní zobrazovací diagnostické metody dovolují výrazně přesnější stanovení diagnózy z důvodu zlepšení rozlišení, kontrastu, jasu obrazu. U pacientů přinášejí značný přínos pro zvýšení pravděpodobnosti správné diagnózy a následného vyléčení nebo výrazného zlepšení jakosti života pacientů, ale jen za předpokladů, že optimalizační procesy diagnostiky jsou prováděny s maximální zodpovědností s přihlédnutím ke všem aspektům správné indikace a minimalizace radiační zátěže jako vedlejšího účinku z rentgenování. S těmito metodami jsou totiž spojena i některá negativní rizika týkající se jak pacientů, tak personálu, a to zvyšující se potenciální riziko vzniku nádorů jako pozdní vedlejší účinek v důsledku zvyšující se radiační zátěže nebo i vznik deterministických vedlejších účinků týkajících se poškození kůže a očí.

Mezi základní faktory, které toto riziko ovlivňují, patří používání rentgenů s větší výtěžností rentgenového záření a zavádění nových rentgenových zobrazovacích diagnostických metod, které jsou časově náročné, velmi specializované s vyšší náročností na přesnost, tak na čas věnovaný dozimetrii, kalibracím, ověřování, zajišťování jakosti a spojených samozřejmě s vyššími nároky na trénovanost, znalost a odpovědnost personálu při těchto způsobech diagnostiky a následné léčby. Nové metody diagnostiky jsou spojeny s dokonalou přípravou všech profesí k zvládnutí složité a náročné techniky a především k profesionálnímu provádění všech testů, zkoušek (ZP, ZDS, ZPS) a kontrol k zajištění bezpečného využívání zdravotnických přístrojů a zdrojů.

Proto zavádění nových rentgenových souprav by mělo být vždy spojeno s uvážlivým výběrem kvalitní techniky s bezpečnostními prvky proti nežádoucím účinkům ionizujícího záření. Kvalitní technika by měla zaručit co nejnižší hodnoty radiační zátěže jak u pacienta, tak i u personálu a zajistit bezpečnou manipulaci. Komplexní systém kontrol, popsáný v mé práci, snižuje pravděpodobnosti vzniku nežádoucích rizik a nejdůležitější součástí tohoto systému jsou provozní zkoušky, podle kterých se jednotlivé přístroje testují a podle kterých se kontroluje stálost technických parametrů a zjišťuje se míra bezpečnosti a kvality zdravotnické techniky.

Zkoušky provozní stálosti testují stálost funkčních vlastností přístroje dostupnými prostředky, které jsou jednoduché, rychlé a snadno proveditelné. Výsledky těchto zkoušek upozorní na chybnou funkci přístroje ověřováním jejich parametrů a také chybnou funkci jednotlivých kompatibilních systémů, včetně vyvolávacího procesu.

Při zpracování práce jsem se seznámila s problematikou kvality a bezpečnosti v oblasti radiodiagnostiky, se základy fyziky ionizujícího záření a s jednotlivými funkčními celky rentgenové soupravy a vybranými metodikami zkoušek provozní stálosti.

Výsledkem této práce je program kontinuálního sledování hodnot parametrů zkoušek provozní stálosti, jehož výsledky a záznamy upozorní na nesoulad technických parametrů jednotlivých typů rentgenových souprav ve FNO. V praxi to znamená, že program usnadní kontinuální sledování a vyhodnocování technických parametrů tak, aby mohla při jejich nesouladu následovat servisní, revizní opatření a opakované dozimetrické kontroly. Usnadní pracovníkům provádějící testy rentgenů záznam technických a fyzikálních hodnot, sledování jejich výsledků, rychlou orientaci při vyhodnocení testů, a při nesouladu technických parametrů pohotovější reakci na nápravná opatření. Program se stane nedílnou součástí k snadnějšímu a přehlednějšímu sledování a zajištění kvality, stálosti a bezpečnosti jednotlivých rentgenových přístrojů během provozu.

Doufám, že se tento program bude ještě nadále zdokonalovat a rozvíjet a má práce bude obohacena o další funkce, pro které jsem již připravila podmínky pomocí tlačítek a ikon na panelu nástrojů.

Použitá literatura

- [1] Švec, J., Chmelová, J., Korhelík, K.: *Radioekologie pro bakaláře*. Ostrava 2005.
- [2] Ullmann, V.: *Aplikace ionizujícího záření jaderné a radiační metody* [online].
<<http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>>
- [3] Franek, M.: *Radiodiagnostické přístroje – studijní texty pro obor BMT* 2008.
- [4] Státní úřad pro jadernou bezpečnost. *Radiační ochrana. Doporučení* [online].
ISBN 80-7073-088-9.
<http://www.sujb.cz/docs/27-ZPS_skiagrafie_skiaskopie.pdf> [2009-11-15]
- [5] Svoboda, M.: *Základy techniky vyšetřování rentgenem*. 2., doplněné vydání. Praha 1976.
- [6] Dorotík, J.: *Radiodiagnostické přístroje*.
- [7] Rosina J., Kolářová H., Stanek L.: *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*.
ISBN 80-247-1383-7.
Ullmann, V.: *Biologické účinky ionizujícího záření. Radiační ochrana* [online].
<<http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>> [2009-11-15]
- [8] Kolektiv autorů.: *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření*. Ostrava 2003.
ISBN 80-02-01529.
- [10] Buchancová, J. a kolektiv: *Pracovní lékařstvo a toxikologia*, 1. slovenské vydání, Osveta 2003.
ISBN 80-8063-113-1.
- [11] Kolektiv autorů.: *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha 2000. 619s. ISBN 80-238-3703-6.
- [12] Program zabezpečování jakosti.
- [13] <<http://cs.wikiversity.org/wiki/MySQL>> [2009-4-26]
- [14] <http://www.linuxsoft.cz/article.php?id_article=731> [2009-4-26]
- [15] <<http://www.junext.net/mysql/>> [2009-4-26]
- [16] Zákon č. 18/1997 Sb., v platném znění.
- [17] Vyhláška č. 146/1997 Sb., v platném znění.
- [18] Vyhláška č. 132/2008 Sb., v platném znění.
- [19] Vyhláška č. 185/2003 Sb., v platném znění.
- [20] Vyhláška č. 307/2002 Sb., v platném znění.
- [21] Vyhláška č. 318/2002 Sb., v platném znění.

Seznam příloh

PŘÍLOHA I. DETAIL ZKOUŠKY

PŘÍLOHA II. DETAIL ZKOUŠKY – MODUL SKIASKOPIE, TYP ZKOUŠKY MĚSÍČNÍ

PŘÍLOHA III. UKLÁDÁNÍ HODNOT PARAMETRŮ DO DATABÁZE

PŘÍLOHA IV. TABULKY DATABÁZE ZPS

PŘÍLOHA V. GRAFICKY ZNÁZORNĚNÉ SPOJENÍ TABULEK V DATABÁZI

PŘÍLOHA VI. UKÁZKA ČÁSTI KÓDU PRO FORMULÁŘ 2

Příloha I. Detail zkoušky

Detail zkoušky

MODUL:

ZKOUŠKA:

Datum a čas provedení:

Plánované datum:

27. března 2010

Skutečné datum:

27. března 2010

Provedl:

Výsledek:

Datum Referenční ZK:

Poznámky:

KOMPLET:

Umístění:

Stav:

DETAIL KOMPONENTY KOMPLETU

Typ komponenty:

rentgenka

Titulek:

Výrobní číslo:

Popis:

Pomůcky k testu:

Panel2

Příloha II. Detail zkoušky – modul Skiaskopie, typ zkoušky Měsíční

Detail zkoušky

MODUL:

KOMPLET:

ZKOUŠKA:

Umístění:

Datum a čas provedení:

Plánované datum:

Skutečné datum:

Provedl:

Výsledek:

Datum Referenční ZK:

Poznámky:

Pomůcky k testu:

DETAIL KOMPONENTY KOMPLETU

Typ komponenty:

Titulek:

Výrobní číslo:

1

Radiační výstup

RADIAČNÍ VÝSTUP ZE SESTAVY ZDROJE

PRO SKIASKOPII - DOZIMETRICKY

Zkušební prostředky a přístroje

Dozimetr:

Zeslabující fantom:

1. Režim AERC

Parametrické podmínky testu

Ohrnisková vzdálenost [cm]:

Vzdálenost ohnisko - senzor [cm]:

Použité ohnisko [mm]:

Provedení testu

Dávkový příkon [mGy/s]

Referenční hodnota:

Periodická ZPS:

Odchylka [%]:

Výsledek:

Průběh parametrů v čase:

Anodové napětí [kV]

Referenční hodnota:

Periodická ZPS:

Příloha III. Ukládání hodnot parametrů do databáze

Program kontinuálního sledování hodnot parametrů ZPS - Skiograficko-skiaskopický modul

Soubor PKSHP - ZPS Nápověda

Detail zkoušky

MODUL: Skiografie bez AEC
ZKOUŠKA: Referenční

Datum a čas provedení:
Plánované datum: 22. dubna 2010
Skutečné datum: 22. dubna 2010
Provedl:

KOMPLET:
Umístění:
Stav:

DETAIL KOMPONENTY KOMPLETU
Typ komponenty: rentgenka
Titulek:
Výrobní číslo:
Popis:

PRO SKIAGRAFII BEZ AEC - DOZIMETRICKY
Zkušební prostředky a přístroje
Dozimetr: Radcal

Parametrické podmínky testu
Anodové napětí [kV]: 70
Elektrické množství [mAs]: 24
Vzdálenost ohnisko - senzor [cm]: 100
Použité ohnisko [mm]: 1.2

Parametrické podmínky testu
Kerma [mGy]
Referenční hodnota: 0
Dávka [mGy/mAs]
Referenční hodnota: 0
STANOVENÍ TESTU:
Stanovení ref. hodnot:
Dávka ke stanovení ref.hodnoty:

MySQL Command Line Client
88 rows in set (0.05 sec)
mysql> select anodove_napeti, elektricke_mnozstvi, vzdalenost_ohnisko_senzor, pouzite_ohnisko from parametricke_podminky_testu_rezim_manualni;
+-----+-----+-----+-----+
| anodove_napeti | elektricke_mnozstvi | vzdalenost_ohnisko_senzor | pouzite_ohnisko |
+-----+-----+-----+-----+
NULL	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL
0	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL
0	70	24	0
0	70	24	100
1.2	70	24	100
+-----+-----+-----+-----+

Status

Příloha IV. Tabulky databáze ZPS

MySQL Command Line Client

```
mysql> describe zkusebni_prostredky_a_pristroje;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
id	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
dozimetr	varchar(255)	YES		NULL	
zeslabujici_fantom	varchar(255)	YES		NULL	
testovaci_pomucka	varchar(255)	YES		NULL	
delkove_meridlo	varchar(255)	YES		NULL	
zkusebni_kazeta	varchar(255)	YES		NULL	
zkusebni_kazeta1	varchar(255)	YES		NULL	
zkusebni_kazeta2	varchar(255)	YES		NULL	

8 rows in set (0.02 sec)

MySQL Command Line Client

```
mysql> describe parametricke_podminky_testu_rezim_souhlas;
```

Field	Type	Null	Key
id	int(11)	NO	PRI
auto_increment			
anodove_napeti	float	YES	
elektricke_mnozstvi	float	YES	
vzdalenost_ohnisko_film	float	YES	
typ_zkousky	enum('mesicni','referencni')	YES	

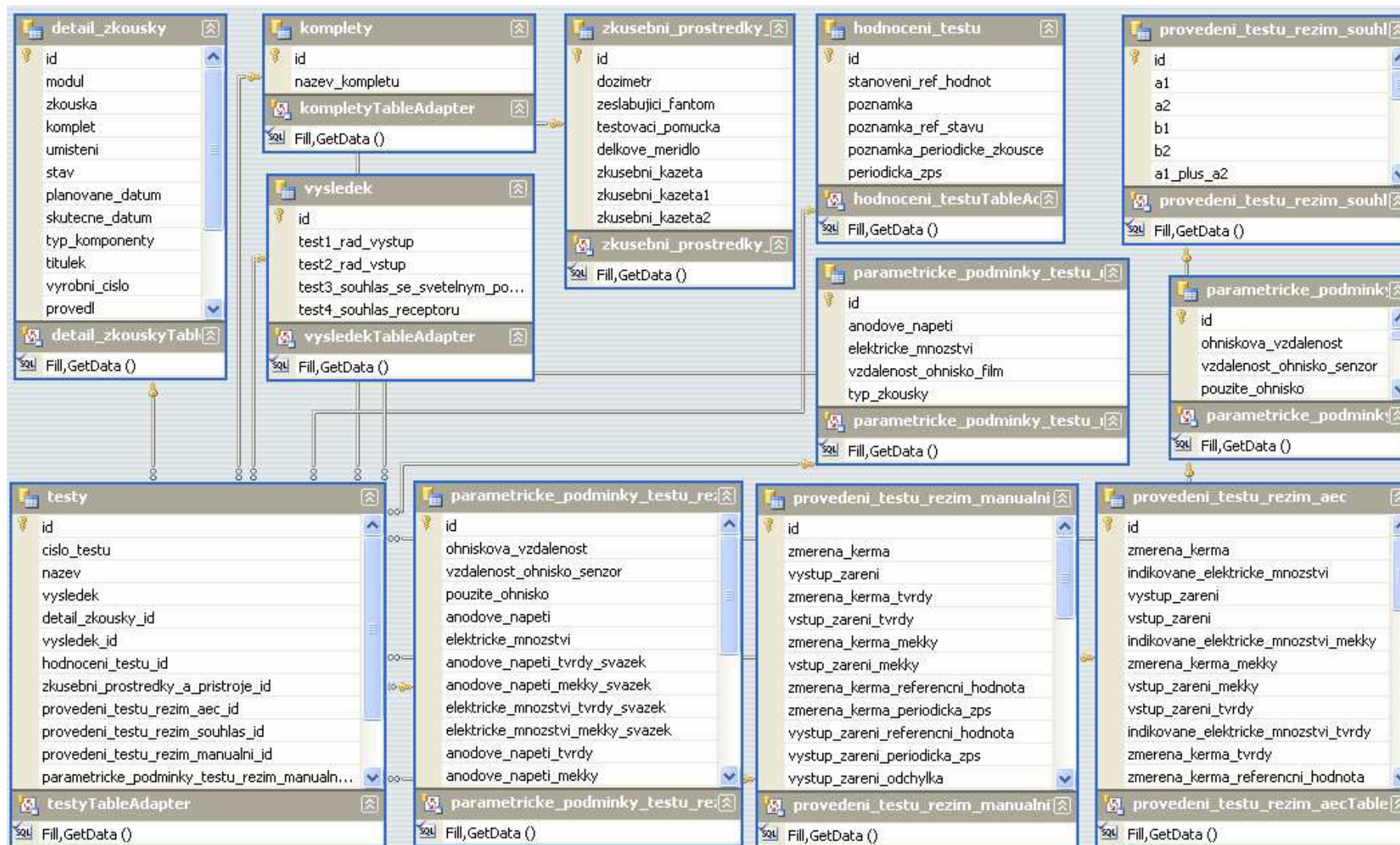
5 rows in set (0.00 sec)

MySQL Command Line Client

```
mysql> describe provedeni_testu_rezim_souhlas;
```

Field	Type	Null	Key
id	int(11)	NO	PRI
auto_increment			
a1	float	YES	
a2	float	YES	
b1	float	YES	
b2	float	YES	
a1_plus_a2	float	YES	
b1_plus_b2	float	YES	
c1	float	YES	

Příloha V. Graficky znázorněné spojení tabulek v databázi



Příloha VI. Ukázka části kódu pro formulář 2

```
//Jmenny prostor
namespace ZPS1
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        //Deklarace privatnich promennych
        private ZPs db;
        List<UserControl> prvky = new List<UserControl>();
        BindingSource bs = new BindingSource();
        private variantaZkousky _variantaZkousky;
        private typZkousky _typZkousky;
        private Hashtable subFormulare = new Hashtable();
        private List<string> seznamSubFormu = new List<string>();

        public Form2(variantaZkousky modul, typZkousky zkouska)
        {
            //Propojeni s databazi zps
            db = new ZPs(new MySqlConnection("Database=zps;Data
            Source=localhost;User Id=root;Password=0123456"));
            //Inicializace komponentu
            InitializeComponent();
            //Tabulka s testy
            DataSet ds = new DataSet();
            DataTable dt = ds.Tables.Add("tabulka");
            //Pridani polozek do tabulky
            dt.Columns.Add("Číslo_testu", typeof(string));
            dt.Columns.Add("Název", typeof(string));
            dt.Columns.Add("Výsledek", typeof(string));

            //Vyber daneho subformulare dle modulu a zkousky
            _typZkousky = zkouska;
            _variantaZkousky = modul;

            //Podmineny prikaz pro vyber varianty a typu zkousky
            //pokud je varianta zkousky bez AEC a typ zkousky Referencni
            if (_variantaZkousky == variantaZkousky.bezAEC && _typZkousky
            == typZkousky.Referencni)
            {
                //Prirazeni daneho subformulare radku v tabulce
                dt.Rows.Add(new object[] { "1", "Radiační výstup" });
                seznamSubFormu.Add("Subform1_bezAEC_REF");
                dt.Rows.Add(new object[] { "2", "Vstup záření do plochy
                receptoru" });
                seznamSubFormu.Add("Subform2");
                dt.Rows.Add(new object[] { "3", "Souhlas radiačního pole se
                světelným polem" });
                seznamSubFormu.Add("Subform3");
                dt.Rows.Add(new object[] { "4", "Souhlas radiačního pole a
                receptoru obrazu" });
            }
        }
    }
}
```

```

seznamSubFormu.Add("Subform4");
}
//pokud je varianta zkousky bez AEC a typ zkousky Mesicni
else if (_variantaZkousky == variantaZkousky.bezAEC &&
_typZkousky == typZkousky.Mesicni)
{
dt.Rows.Add(new object[] { "1", "Radiační výstup" });
seznamSubFormu.Add("Subform5_bezAEC_MES");
dt.Rows.Add(new object[] { "2", "Vstup záření do plochy
receptoru" });
seznamSubFormu.Add("Subform6");
dt.Rows.Add(new object[] { "3", "Souhlas radiačního pole se
světelným polem" });
seznamSubFormu.Add("Subform7");
dt.Rows.Add(new object[] { "4", "Souhlas radiačního pole a
receptoru obrazu" });
seznamSubFormu.Add("Subform8");
}
//pokud je varianta zkousky s AEC a typ zkousky Referencni
else if (_variantaZkousky == variantaZkousky.sAEC &&
_typZkousky == typZkousky.Referencni)
{
dt.Rows.Add(new object[] { "1", "Radiační výstup" });
seznamSubFormu.Add("Subform92_sAEC_REF");
dt.Rows.Add(new object[] { "2", "Vstup záření do plochy
receptoru" });
seznamSubFormu.Add("Subform93");
dt.Rows.Add(new object[] { "3", "Souhlas radiačního pole se
světelným polem" });
seznamSubFormu.Add("Subform94");
dt.Rows.Add(new object[] { "4", "Souhlas radiačního pole a
receptoru obrazu" });
seznamSubFormu.Add("Subform95");
}
//pokud je varianta zkousky s AEC a typ zkousky Mesicni
else if (_variantaZkousky == variantaZkousky.sAEC &&
_typZkousky == typZkousky.Mesicni)
{
dt.Rows.Add(new object[] { "1", "Radiační výstup" });
seznamSubFormu.Add("Subform96_sAEC_MES");
dt.Rows.Add(new object[] { "2", "Vstup záření do plochy
receptoru" });
seznamSubFormu.Add("Subform97");
dt.Rows.Add(new object[] { "3", "Souhlas radiačního pole se
světelným polem" });
seznamSubFormu.Add("Subform98");
dt.Rows.Add(new object[] { "4", "Souhlas radiačního pole a
receptoru obrazu" });
seznamSubFormu.Add("Subform99");
}
//pokud je varianta zkousky skiaskopie a typ zkousky Referencni

```



```
else if (_variantaZkousky == variantaZkousky.skiaskopie &&
_typZkousky == typZkousky.Referencni)
{
    dt.Rows.Add(new object[] { "1", "Radiální výstup" });
    seznamSubFormu.Add("Subform9_SKIAS_REF");
}
//pokud je varianta zkousky skiaskopie a typ zkousky Mesicni
else if (_variantaZkousky == variantaZkousky.skiaskopie &&
_typZkousky == typZkousky.Mesicni)
{
    dt.Rows.Add(new object[] { "1", "Radiální výstup" });
    seznamSubFormu.Add("Subform91_SKIAS_MES");
}
```